COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1843.

PRÉSIDENCE DE M. DUMAS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** donne des nouvelles plus satisfaisantes de la santé de M. **E. Geoffroy-Saint-Hilaire**. L'Académie les reçoit avec un vif intérêt.

ÉCONOMIE RURALE. — *Note sur l'opium indigène. — Réponse de* M. **Payen** *aux observations de* M. Caventou *sur le Rapport de* MM. de Mirbel, Boussingault et Payen.

« Dans notre Rapport à l'Académie sur un essai de récolte d'opium en Algérie, nous n'avons pas cru devoir rappeler les diverses tentatives analogues faites en France et en Angleterre, parce que les résultats publiés à cet égard, très-divergents d'ailleurs, n'étaient accompagnés d'aucune notion précise sur la surface de terrain, les soins de culture, les produits de la récolte : la Note de M. Hardy était bien plus explicite.

» Si nous eussions voulu faire l'histoire de ces essais, il ne nous eût pas paru convenable de nous borner à mentionner le fait sur lequel M. Caventou élève une question de priorité, nous eussions rappelé les faits suivants :

» Dubuc de Rouen s'occupa en l'an IX de la culture du pavot somnifère et

de la préparation de l'opium en *extrait* et en *larmes* (*Annales de Chimie*, t. XXXVIII, p. 181).

» M. Loiseleur-Deslongchamps fit de nombreux essais dans la vue de substituer l'opium indigène sous les deux formes aux produits exotiques; il reçut à cette occasion un témoignage de satisfaction de la classe de l'Institut (*Moniteur* de 1811, p. 775).

» Hennel a obtenu, de 700 grammes d'opium provenant d'un essai de culture en Angleterre, par MM. Cowley et Stains, 48 grammes de morphine ou 6,8 pour 100 (*Botan. du drog.*, THOMPSON, p. 202).

» En 1817, la Société d'Encouragement de Londres décerna une médaille d'or à M. John Young, pour sa méthode de cultiver le pavot somnifère et de recueillir l'opium sur les capsules sans diminuer la récolte des semences; mais, en conseillant la culture combinée des pavots et des pommes de terre, l'auteur annonçait des bénéfices exagérés de 2 400 francs nets par hectare, que ni lui ni d'autres ne réalisèrent.

» L'année suivante, Vauquelin démontra la présence de la morphine dans les pavots indigènes; plus tard, MM. Peschier de Genève et Duprat de Toulouse obtinrent aussi ce principe immédiat des capsules du *Papaver somniferum*, et M. Tilloy de Dijon parvint à l'extraire en grand des capsules sèches privées de leurs graines.

» En 1826, M. Petit de Corbeil employa les tiges, feuilles et capsules de la plante, pour préparer des extraits aqueux et alcooliques qui lui parurent contenir les mêmes principes que l'opium exotique, sauf les proportions; il annonça que l'opium obtenu par incisions des capsules des pavots cultivés près de Dijon, avait fourni de 16 à 18 pour 100 de morphine (*), résultat qui paraîtra inexact si on le compare avec les proportions obtenues par les chimistes les plus exercés: telles furent effectivement les conclusions des recherches faites avec un grand soin par M. Dublanc et communiqués à l'Académie de médecine, les 15 juillet 1826 et 27 mars 1827, d'abord sur l'opium obtenu à l'aide d'incisions des capsules, par M. Caffin d'Orsigny, agriculteur de Seine-et-Oise: cet échantillon donna 2 pour 100 de morphine, tandis que la moyenne de six analyses d'opium d'Orient fournit 8 pour 100; un autre échantillon d'opium obtenu par incisions sur les capsules de pavots cultivés aux environs de Toulouse, a donné 4 de morphine pour 100. M. Dublanc

---

(*) M. Caventou annonça, en 1827, que l'opium indigène, extrait du *Papaver somniferum*, contenait 8 de morphine pour 36 ou 22 pour 100 (*Journal général de Médecine, de Chirurgie et de Pharmacie*, t. VI, 2e série, 1827).

s'est de plus occupé, dans cette série de recherches, de la détermination comparative des différents principes immédiats contenus dans l'opium préparé par infusions aqueuse ou alcoolique, et par décoction des capsules ou des plantes entières; il a cité, à l'appui de ses résultats, les travaux relatifs à l'extraction de la morphine des pavots indigènes, entrepris par MM. Vogel, Blondeau, Chevalier, Delafolie et Geiger.

» Les conclusions du travail de Pelletier étaient beaucoup plus encourageantes, surtout si l'on rapproche les résultats analytiques de la pensée émise par l'auteur, que le pavot somnifère croît avec facilité en France, même dans les mauvais terrains; mais il aurait fallu dire si, dans ce cas, l'opium récolté eût été abondant et de bonne qualité, chose très-peu probable.

» Au surplus, les résultats obtenus sur l'opium de la récolte du général Lamarque ne sont pas tels que M. Caventou les annonce : en effet, dans le Mémoire de Pelletier, tome XXI du *Journal de Pharmacie*, on lit à la page 572 :

« 500 grammes d'opium français donneront donc 51 grammes de mor-
» phine, » ce qui correspond à 10,2 pour 100 et non à 12, comme le croyait M. Caventou.

» Plus loin, Pelletier ajoutait « 500 grammes d'opium d'Orient ne don-
» nent que 40 à 45 grammes de morphine, » ou 8 à 9 pour 100.

» On voit que les expériences comparatives montrèrent alors entre l'opium de Smyrne et celui des environs de Bordeaux une différence à l'avantage de ce dernier, analogue à celle que nous trouvons aujourd'hui entre le produit récolté en Algérie et l'opium d'Orient.

» Quant aux proportions énormes de 14 et de 22 centièmes de morphine obtenues par M. Caventou, on peut les expliquer seulement par la grande impureté de ce produit que l'auteur appelle, non sans raison, *morphine brute*.

» Le rendement en morphine indiqué par Pelletier, plus considérable que celui qu'ont obtenu tous les autres expérimentateurs, ne s'élève cependant pas au delà de 10,2 de morphine pour 100 d'opium indigène : il ne saurait autoriser à repousser un doute relativement à la proportion de 12 centièmes annoncée dans un échantillon venu d'Alger; à plus forte raison n'était-il pas permis d'affirmer que l'opium des landes de Bordeaux laissât loin derrière lui toutes les qualités d'opium commercial, ni d'ajouter qu'il y eût loin de la forte proportion (10,2 pour 100) retirée par Pelletier à celle de 10,7 que votre Commission a extraite d'un opium commercial. La différence est notable encore, mais en sens contraire de celle que croyait apercevoir M. Ca-

ventou; c'est que, sans doute, dans son empressement à rappeler des recherches intéressantes, il n'aura pris le temps ni de revoir attentivement les faits publiés par Pelletier, ni de tirer de ses propres observations des conséquences certaines: tout en le remerciant donc de sa communication, et applaudissant à ses vues patriotiques, nous ne croyons pas devoir porter au delà des termes de notre Rapport les espérances, bien vives d'ailleurs, que nous avons exprimées sur l'avenir de notre récolte d'opium en Algérie. »

Remarques à l'occasion de la Note de M. Payen; *par* M. Texier.

« Les variations que l'on trouvera toujours dans les qualités des opiums d'un même terrain ne proviennent pas seulement de la *composition du suc* de pavot recueilli, mais bien plus des *différents états de l'air* pendant la récolte.

» On sait que la récolte de l'opium se fait en incisant horizontalement la tête du pavot et en laissant pendant vingt-quatre heures le suc s'écouler lentement au dehors. Si pendant cette opération il survient des pluies, du brouillard ou de l'humidité, la qualité de l'opium en souffrira; une pluie continue pendant quelques heures suffit pour anéantir complétement la récolte de l'opium. Aussi la culture du pavot n'est-elle usitée, en Asie Mineure, que sur le grand plateau de la Cappadoce et de la Phrygie, aux environs de la ville de Kara-Hissar; ce n'est pas un pays excessivement chaud, qui est avantageux à la récolte de l'opium, mais il faut être à peu près certain de n'avoir pas de pluies depuis l'époque de la floraison du pavot jusqu'à sa récolte. Les pavots sont cultivés, en Asie Mineure, dans des terrains irrigables.

» Une des causes de la mauvaise qualité de l'opium recueilli en Asie Mineure dans ces dernières années, est la sophistication par le bol d'Arménie et d'autres terres. »

M. Payen fait remarquer, à cette occasion, que les faits observés directement par M. Texier confirment les renseignements transmis par M. Liautaud, et imprimés dans le *Compte rendu*, t. XVII, p. 845 (séance du 23 octobre dernier); quant à la fraude au moyen des argiles, elle est devenue moins importante et rare aujourd'hui, en raison même de la facilité de la découvrir; car une simple incinération suffit pour montrer la présence et les proportions de la substance minérale; qu'enfin, et de peur de méprise, il conviendrait, pour expliquer les expressions : « en tranchant horizontalement » la tête du pavot... », d'ajouter : c'est-à-dire en pratiquant des incisions très-peu profondes autour des capsules.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De l'inflexion des tiges végétales vers la lumière colorée; par* M. DUTROCHET.

« M. Payer a communiqué à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 26 décembre 1842, des expériences desquelles il résulte que les jeunes tiges du cresson alénois (*Lepidium sativum*, L.) étant soumises à l'influence exclusive d'une seule espèce des rayons colorés dont est composée la lumière, elles ne se fléchissent que sous l'influence de la lumière bleue et violette, et qu'elles ne se fléchissent jamais sous l'influence de la lumière rouge, orangée, jaune et verte; elles se comporteraient, dans ce dernier cas, comme si elles étaient dans l'obscurité.

» J'avais été nommé, conjointement avec MM. de Mirbel et Becquerel, pour examiner ce travail de M. Payer. Les circonstances ont voulu que je ne prisse point de part à cet examen. Cependant, dans le Rapport qui a été fait à l'Académie par M. Becquerel, dans sa séance du 8 mai 1843, mon nom s'est trouvé joint à celui des deux autres Commissaires, en sorte que j'ai été censé adopter tout ce qui se trouvait exprimé dans ce Rapport. J'ai réclamé à cet égard dans la séance de l'Académie des Sciences du 22 mai suivant, comme n'ayant pris aucune part à la rédaction de ce Rapport, lequel ne m'avait même pas été communiqué. J'étais absent lorsqu'il fut lu à l'Académie. Ainsi je n'ai point accepté, comme le Rapport portait à le penser, ce qui y est dit relativement aux expériences de M. Payer, expériences dont je n'ai point été témoin.

» Les phénomènes annoncés par M. Payer étaient trop importants, ils se rattachaient de trop près à mes anciennes recherches relatives à l'influence de la lumière sur les végétaux, pour que je ne m'empressasse pas de les vérifier. En partant de Paris pour la campagne, j'emportai des verres de toutes les couleurs du spectre solaire. Parmi eux un seul de mes verres rouges, analysé avec le prisme, ne transmit que les seuls rayons rouges du spectre solaire; tous mes autres verres colorés se trouvèrent transmettre, outre la lumière pareille à celle de leur coloration, d'autres rayons colorés du spectre solaire. Ainsi je n'ai pu faire d'expériences qu'avec le verre rouge qui ne transmettait que les seuls rayons rouges. Je me suis assuré de cette transmission exclusive en soumettant ce verre au spectre solaire dans toute son étendue successivement et à plusieurs reprises. Je l'ai placé sur l'une des faces verticales d'une boîte de bois dont l'intérieur, peint en noir, ne recevait d'autre lumière que celle qui était transmise par le verre rouge. Cet appareil fut

placé près d'une fenêtre dirigée vers le sud, de manière à ne point recevoir les rayons directs du soleil; mais il recevait une lumière diffuse très-vive.

» M. Payer ayant cité le *Lepidium sativum*, L. (cresson alénois) comme la plante qui lui a spécialement servi dans ses expériences, c'est par l'emploi de cette même plante que j'ai dû commencer. Tantôt j'ai placé dans mon appareil des plantules de *Lepidium sativum* que j'avais préalablement fait germer, soit à l'ombre, soit à ciel découvert; tantôt j'y ai fait germer des graines de cette même plante. Jamais je n'ai vu les tigelles de ces plantules offrir la moindre inflexion vers la lumière transmise par le verre rouge. Je les y ai laissées pendant huit jours; elles y ont pris un accroissement considérable en longueur, comme cela arrive généralement aux plantes qui ne reçoivent pas assez de lumière, mais elles sont demeurées droites et verticales. Mes observations ont ainsi confirmé pleinement celles que M. Payer a faites sur cette même plante.

» Pendant ces expériences, il arriva que dans l'un des vases où j'avais mis germer des graines de *Lepidium sativum*, il leva plusieurs graines d'une plante plus petite, graines qui se trouvaient accidentellement dans la terre. Les tigelles de ces nouvelles plantules se dirigèrent ou se fléchirent toutes vers la lumière transmise par le verre rouge, ce qui contrastait singulièrement avec le défaut complet d'inflexion des tigelles du *Lepidium sativum* qui les avoisinaient dans le même vase. Je ne pouvais reconnaître immédiatement quelle était cette nouvelle plante que le hasard venait d'offrir à mon observation. Je soupçonnai que c'était l'*Alsine media*, parce que cette plante se trouvait en grande quantité dans l'endroit où j'avais pris la terre qui m'avait offert l'apparition inattendue des plantules que je venais d'observer. C'était le 1er août que j'avais fait cette observation, et je trouvai effectivement, et en abondance, des graines mûres sur les pieds d'*Alsine media*. Je recueillis ces graines et je les semai dans la terre contenue dans un petit vase. Au bout de quatre jours, par une température de + 20 à 22 degrés centésimaux, ces graines étaient germées, et dès le second jour après leur germination, il me fut facile de reconnaître la similitude des plantules avec celles que j'avais observées précédemment. Le troisième jour je les plaçai dans mon appareil; elles se fléchirent toutes vers la lumière transmise par le verre rouge, et cela dans l'espace de quatre heures, par une température de + 22 degrés centésimaux. Je retournai le vase de manière à diriger l'inflexion des tigelles vers le fond de l'appareil. Il était alors midi. Quatre heures après, les tigelles s'étaient retournées et s'étaient de nouveau fléchies vers la lumière transmise par le verre rouge.

» D'où pouvait provenir la différence qui existait à cet égard entre la tigelle de l'*Alsine media* et celle du *Lepidium sativum?* La première chose qui me frappa, en recherchant la cause de ce phénomène, ce fut la différence de la grosseur de la tigelle de ces deux plantes. Les tigelles du *Lepidium sativum*, le troisième jour après la germination, m'ont offert huit dixièmes de millimètre de diamètre; leur longueur était de 12 millimètres: les tigelles de l'*Alsine media*, dans les mêmes circonstances, ne m'ont offert que quatre dixièmes de millimètre sur une longueur de 10 millimètres; elles sont ainsi de moitié moins grosses que les tigelles du *Lepidium sativum*. Je fus porté à penser, par cette observation, que la grande exiguïté du diamètre des tigelles de l'*Alsine media* était la condition essentielle de leur inflexion vers la lumière rouge, inflexion qui n'était point offerte par les tigelles du *Lepidium sativum*, en raison de leur grosseur plus considérable, ce qui entraînait leur moindre flexibilité. Pour savoir si ce soupçon était fondé, il me fallait soumettre aux mêmes expériences d'autres plantes nouvellement nées et dont les tigelles auraient, les unes, des diamètres plus petits que celui que possède la tigelle du *Lepidium sativum*, et les autres, des diamètres égaux ou supérieurs à celui de la tigelle de cette dernière plante.

» En général, les graines très-petites produisent, en germant, des tigelles très-grêles. J'ai cherché à me procurer de ces graines en les choisissant, soit parmi celles qui appartiennent aux plantes cultivées, soit parmi celles qui appartiennent aux plantes que la nature produit spontanément. Ces plantes sont les suivantes: *Medicago sativa* (luzerne cultivée), *Medicago lupulina*, *Trifolium pratense* (trèfle cultivé), *Trifolium agrarium*, *Senecio vulgaris*, *Alsine media*, *Papaver somniferum*, *Papaver Rheas*, *Sedum acre*, *Arenaria serpyllifolia*. Je joins à ces plantes la mercuriale (*Mercurialis annua*), dont je n'ai point semé les grains; ayant trouvé celles-ci nouvellement germées, j'ai transporté les plantules avec leur terre natale dans mon appareil.

» Voici les dimensions des plantules que j'ai soumises à mes expériences; leur diamètre a été mesuré au microscope avec un micromètre, et cela après avoir observé leur inflexion ou leur non-inflexion vers la lumière rouge. Comme j'avais toujours un certain nombre de ces plantules de même espèce en expérience, j'ai pu, après en avoir sacrifié quelques-unes à la mesure micrométrique, soumettre les autres à une nouvelle expérience, le lendemain, pour voir leur retournement. J'ai vu qu'alors les tigelles s'étaient allongées, mais n'avaient point augmenté de diamètre; leur allongement rapide était un effet de commencement d'étiolement.

NOMS DES PLANTES.	DIAMÈTRE DE LA TIGELLE.	LONGUEUR DE LA TIGELLE.
Lepidium sativum.	80 centièmes de millimètre.	12 millimètres.
Medicago sativa.	80 — —	14 —
Medicago lupulina..	66 — —	10 —
Trifolium pratense..	65 — —	12 —
Trifolium agrarium.	55 — —	10 —
Mercurialis annua.	50 — —	15 —
Senecio vulgaris.	45 — —	13 —
Alsine media.	40 — —	10 —
Papaver somniferum.	40 — —	12 —
Papaver Rheas..	35 — —	6 —
Sedum acre.	30 — —	6 —
Arenaria serpyllifolia.	20 — —	7 —

» Placées dans mon appareil, ces plantules y furent soumises à la lumière diffuse qui était transmise par mon verre rouge et par des températures qui ont varié de +18 à +22 degrés centésimaux. Les tigelles de ces plantes ont offert les phénomènes suivants :

» *Lepidium sativum, Medicago sativa, Medicago lupulina, Trifolium pratense,* n'offrirent aucune inflexion vers la lumière rouge.

» *Trifolium agrarium, Mercurialis annua, Senecio vulgaris, Alsine media, Papaver somniferum, Papaver Rheas, Sedum acre, Arenaria serpyllifolia,* offrirent l'inflexion de leurs tigelles vers la lumière rouge, et cela dans le courant de la journée où elles y furent exposées. L'*Alsine media* est la plante chez laquelle l'inflexion vers la lumière rouge a été le plus rapide; elle s'est effectuée dans l'espace de quatre heures par une température de +23 à +24 degrés centésimaux. Chez les autres plantes, cette inflexion a mis de six à huit heures à s'opérer. Ayant retourné, le jour suivant, les vases dans lesquels étaient ces plantes, de manière à diriger la concavité de leur courbure vers la partie obscure de mon appareil, elles se retournèrent pour se courber de nouveau vers la lumière rouge. L'*Alsine media* est la seule que j'aie vu se retourner dans la même journée, ainsi que je l'ai dit plus haut. Cette plante, par sa sensibilité à l'action de la lumière, est ainsi celle qui doit être préférée dans les expé-

riences de ce genre; ses graines germent très-promptement, ce qui n'a pas lieu par rapport à certaines autres graines. Celles de l'*Arenaria serpyllifolia*, par exemple, mettent près d'un mois à germer.

» J'avais placé dans mon appareil trois plantules de mercuriale; elles étaient dans le même vase. Une seule se fléchit vers la lumière rouge, les deux autres demeurèrent droites. Je mesurai le diamètre de ces trois tigelles: celle qui s'était fléchie vers la lumière avait cinq dixièmes de millimètre de diamètre, c'est celle que j'ai notée dans le tableau ci-dessus; les deux autres tigelles avaient chacune six dixièmes de millimètre de diamètre. Ce fait coïncide avec le fait général que l'on peut déduire des expériences dont le tableau ci-dessus offre l'exposé, savoir, que les seules plantules qui se soient fléchies vers la lumière rouge sont celles dont les tigelles ont un diamètre inférieur à 55 centièmes de millimètre. Le *Trifolium agrarium*, dont la tigelle avait ce diamètre, est la moins grêle de toutes celles qui m'ont offert cette inflexion vers la lumière rouge; les deux mercuriales dont les tigelles avaient 60 centièmes de millimètre de diamètre n'offraient déjà plus cette inflexion, qui fut offerte par la mercuriale dont la tigelle n'avait que 50 centièmes de millimètre de diamètre. Ces derniers faits prouvent, d'une manière irréfragable, que c'est en vertu de l'exiguïté de leur diamètre, et non en vertu de leur nature particulière, que les sept dernières plantes de mon tableau se sont fléchies vers la lumière rouge, et que c'est seulement parce que leurs tigelles étaient trop grosses que les quatre premières plantes n'ont offert aucune inflexion vers cette même lumière rouge. Ainsi il suffit qu'il y ait seulement un dixième de millimètre de différence entre le diamètre d'une tigelle et celui d'une autre de la même espèce, et cela vers une certaine limite, pour que l'une se fléchisse et que l'autre ne se fléchisse pas vers la lumière dans les expériences que je viens d'exposer. Cette différence se réduirait même à moitié ou à cinq centièmes de millimètre, en considérant que les deux mercuriales dont les tigelles avaient 60 centièmes de millimètre de diamètre ne se sont point fléchies vers la lumière rouge, tandis que cette flexion a eu lieu chez le *Trifolium agrarium*, dont la tigelle avait 55 centièmes de millimètre de diamètre.

» J'ai mis dans mon appareil des plantules de *Pisum sativum*, dont les tigelles sont bien plus grosses que celles des plantules qui viennent d'être mentionnées; elles n'ont offert aucune inflexion vers la lumière rouge, ainsi que je l'avais prévu.

» Toutes ces expériences, je le répète, ont été faites à la simple lumière diffuse; cela m'a paru nécessaire pour la certitude des résultats, car j'ai vu que la chaleur des rayons solaires échauffait outre mesure mon appareil, ce

qui devait nuire à la vitalité des plantes, lesquelles, dans la boîte où elles étaient renfermées, se trouvaient alors dans un air à la fois trop chaud et trop chargé d'eau.

» Mes expériences prouvent que les tiges des plantes s'infléchissent vers la lumière rouge transmise sans mélange d'autres rayons par un verre de cette couleur. Les expériences de M. Payer ont prouvé qu'elles s'infléchissent vers la lumière bleue ou violette, transmises également seules par des verres de l'une et de l'autre de ces deux couleurs. Cette propriété appartenant ainsi aux rayons colorés extrêmes du spectre solaire, il me paraît certain qu'elle doit appartenir aussi aux rayons colorés moyens de ce spectre, c'est-à-dire à la lumière orangée, jaune et verte, qui serait transmise par des verres de ces trois couleurs.

» Ici une question fort importante se présente. Est-ce en vertu d'une qualité spéciale que les rayons rouges, bleus et violets, transmis par des verres de ces trois couleurs, ont déterminé l'inflexion des tiges végétales? ne serait-ce point plutôt en vertu de leur intensité lumineuse, intensité qui doit être variable suivant la transparence des verres? Je suis très-porté à le penser. Ainsi l'inflexion des tiges végétales vers la lumière transmise par les verres rouges, bleus et violets, n'aurait très-certainement point lieu, à mon avis, si ces verres avaient une coloration plus foncée, ce qui diminuerait leur transparence, ou même si, possédant le même degré de coloration, les verres avaient une épaisseur beaucoup plus considérable, ce qui affaiblirait l'intensité de la lumière qu'ils transmettraient. Si, dans les expériences de M. Payer, la lumière transmise par le verre violet qu'il a employé a eu moins de puissance que la lumière transmise par son verre bleu, pour déterminer l'inflexion des tiges végétales, cela provient, je le pense, de ce que, dans les verres qui ont servi à ses expériences, il y a eu plus de lumière bleue transmise par son verre bleu, qu'il n'y a eu de lumière violette transmise par son verre violet. Si les verres des autres couleurs qu'il a employées n'ont point transmis une lumière capable de produire l'inflexion des tiges végétales, cela provient, à mon avis, de ce que ces verres ne transmettaient point une lumière assez intense, et de ce que les tiges végétales qu'il soumettait à l'expérience, possédant un trop fort diamètre, n'étaient point assez flexibles.

» Par cette expression, *intensité de la lumière*, j'entends indiquer le degré de son *pouvoir éclairant*, pouvoir qui appartient à tous les rayons colorés du spectre solaire, mais à des degrés différents, ainsi qu'on va le voir tout à l'heure; pouvoir enfin qui est étranger aux rayons invisibles du spectre.

» M. Payer ayant rendu fixe, au moyen d'un héliostat, la direction du faisceau de rayons solaires qui, en traversant ensuite un prisme, produisait le spectre solaire, a obtenu, dit-il, les mêmes phénomènes d'inflexion ou de non-inflexion des tiges végétales qu'il avait obtenus avec la lumière transmise par les verres colorés. Le rapport fait par M. Becquerel ne dit point que cette expérience ait été répétée devant les Commissaires. Je n'ai pu la répéter moi-même, faute d'héliostat; mais il me paraît facile d'en prévoir les résultats. J'ai dit plus haut que le pouvoir éclairant de la lumière est la mesure de la puissance qu'elle a pour produire l'inflexion des tiges végétales. Or, ce pouvoir éclairant n'est point égal dans tous les rayons colorés du spectre solaire; ce pouvoir éclairant est au maximum dans les rayons bleus, verts et jaunes qui occupent la partie moyenne du spectre solaire. On le voit diminuer, d'une part, dans les rayons indigo, et, d'une autre part, dans les rayons orangés : il est au minimum dans les rayons violets et dans les rayons rouges qui occupent les deux parties extrêmes du spectre solaire. On peut s'assurer de ce fait, en plaçant dans ce spectre solaire des objets que leur petitesse rend difficiles à bien voir. Leur perception est bien plus facile lorsqu'ils sont éclairés par les rayons qui occupent les parties moyennes du spectre solaire, que lorsqu'ils sont éclairés par les rayons qui occupent les deux parties extrêmes de ce spectre. Il doit résulter de là que les rayons bleus, verts et jaunes doivent avoir la propriété de déterminer l'inflexion des tiges végétales à un plus haut degré que ne l'ont les autres rayons colorés qui se rapprochent des parties extrêmes du spectre solaire. L'expérience, j'en suis convaincu, confirmera cette prévision; mais il faudra se tenir en garde contre les déceptions qu'elle pourra présenter, et tenir compte surtout du diamètre des tiges végétales qui seront soumises à ces expériences, puisque ce diamètre, suivant son étendue plus ou moins grande, pourrait déterminer, tantôt des résultats négatifs, tantôt des résultats positifs. Il ne suffira pas de placer dans le spectre solaire de jeunes tiges végétales de la même espèce, provenues de graines semées ensemble; il faudra s'assurer si la germination de ces graines a été simultanée, les tigelles apparues les dernières devant avoir des diamètres inférieurs à ceux des tigelles apparues les premières. Il faudra même s'assurer si, au même âge, les tigelles de la même plante ont bien le même diamètre. Il peut y avoir, à cet égard, des différences individuelles qui influenceraient les résultats. On conçoit tout ce qu'il peut y avoir de trompeur dans les expériences de ce genre, en pensant qu'il suffit qu'il y ait un dixième de millimètre de différence dans le diamètre de deux

tigelles, pour que l'une s'infléchisse et que l'autre demeure droite sous l'influence de la même lumière colorée.

» Il est une autre conséquence qui se déduit de ces observations; c'est qu'il n'y a aucune similitude à établir, relativement aux expériences de ce genre, entre celles qui sont faites avec des verres colorés qui ne transmettent chacun qu'une seule espèce de rayons colorés du spectre solaire, et les expériences qui peuvent être faites avec les rayons colorés de ce spectre lui-même. En effet, pour qu'un verre coloré ne transmette que les seuls rayons qui se rapportent à sa coloration propre, il faut que ce verre soit d'une teinte très-foncée, d'où il résultera que la lumière colorée qu'il transmettra n'aura qu'un faible pouvoir éclairant. Si ce verre est bleu, vert ou jaune, la lumière qu'il transmettra sera très-certainement inférieure en pouvoir éclairant à celle que possèdent les rayons bleus, verts ou jaunes du spectre solaire.

» Le sommeil et le réveil des fleurs ont eu lieu derrière mon verre rouge. J'ai fait ces expériences à la lumière diffuse sur les plantes suivantes : *Leontodon taraxacum, Hyeracium sylvaticum; Bellis perennis, Campanula speculum.* Les tiges de ces plantes étaient plongées dans l'eau par leur base. J'ai observé de la même manière le sommeil et le réveil des feuilles du pourpier (*Portulacca oleracea*); la plante était jeune et enracinée. Ces expériences ont été faites par des températures de + 20 à 22 degrés centésimaux.

» Je terminerai en faisant observer que les tiges des plantes qui reçoivent la lumière transmise par des verres colorés s'allongent beaucoup plus qu'elles ne le feraient sous l'influence de la lumière ordinaire. Cet effet, qui a lieu quelle que soit la coloration du verre, même lorsqu'il transmet d'autres rayons que ceux de sa propre coloration; cet effet, dis-je, prouve que ces plantes éprouvent toujours, dans ce cas, de l'étiolement, et que, par conséquent, leur émanation aqueuse naturelle est diminuée, ainsi qu'elle l'est toujours lorsque la lumière est insuffisante.

Post-scriptum.

» A la dernière séance de l'Académie il a été rendu compte d'un nouveau Mémoire de M. Payer, relatif à la *tendance des racines à fuir la lumière*, phénomène qui, dit-il, *avait totalement échappé, jusqu'à présent, aux recherches des physiologistes.*

» J'ai beaucoup observé l'influence de la lumière sur toutes les parties des végétaux, et, à cet égard, je n'ai pas oublié les racines. J'ai consigné ces observations dans la Collection complète de mes Mémoires (tome II, page 60); j'y dis (page 70) que les racines n'affectent ordinairement aucune tendance

ni pour rechercher, ni pour fuir la lumière, et que l'on peut s'en assurer en faisant développer les racines d'une plante quelconque dans l'eau qui remplit un vase de verre que l'on expose à la lumière. Cependant, j'ai observé deux cas exceptionnels à ce fait général. Le premier m'a été fourni par l'observation de la radicule du *Mirabilis jalappa*, radicule qui ayant quelquefois sa spongiole de couleur verdâtre, courbe alors sa pointe vers la lumière, ce qui n'a point lieu lorsque sa spongiole est blanche. J'ai conclu de là, que l'existence de la matière verte dans le tissu des racines était la condition nécessaire de l'influence de la lumière sur leur direction, influence qui est nulle lorsqu'elles sont complétement blanches, ainsi qu'elles le sont ordinairement lorsqu'elles se développent dans l'eau.

» Le second cas exceptionnel m'a été fourni par l'observation d'une racine du *Pothos digitata*, racine qui, développée dans l'air, et dont le parenchyme cortical était vert, fuyait la lumière. Cette observation tend à confirmer la nécessité que j'ai établie de la coloration en vert des racines pour qu'elles soient influencées, dans leur direction, par la lumière. Quant à la direction inverse des racines dans ces deux observations, elle dépend, ainsi que je l'ai fait voir, de la différence de leur structure et spécialement de l'ordre du décroissement de grandeur de leurs cellules les plus superficielles.

» Ainsi, voilà un fait que j'ai noté touchant la tendance qu'ont *quelquefois* les racines à fuir la lumière. Il est donc inexact de dire que cette tendance avait *totalement échappé, jusqu'à présent, aux recherches des physiologistes*. Il n'est point exact non plus de généraliser cette tendance des racines, puisque, d'après mes observations, il arrive quelquefois que les racines s'infléchissent vers la lumière. Au reste, M. Payer convient qu'il y a des plantes chez les racines desquelles on n'observe point la tendance à fuir la lumière. Ce sera probablement à des plantes de ce genre que je me serai adressé, puisque je n'ai jamais vu les racines développées dans l'eau fuir la lumière. Il sera important de rechercher ce en quoi l'organisation des racines qui n'affectent aucune direction sous l'influence de la lumière, diffère de l'organisation des racines qui fuient cette même lumière. C'est là seulement que se trouvera la cause de la différence de leur manière de se comporter relativement à l'influence de cet agent, ainsi que je l'ai fait voir relativement aux tiges, lesquelles, suivant leur organisation spéciale, ou s'inclinent vers la lumière, ou la fuient.

» M. Payer dit avoir expérimenté qu'il n'y a que la partie du spectre solaire comprise entre les raies F et H qui agisse sur les racines pour les faire fuir, et que le point de ce spectre où les racines se courbent le plus est aussi

celui où les tiges s'inclinent le plus. En sorte que ce serait la même partie du spectre solaire qui, *seule*, agirait sur les tiges et sur les racines pour déterminer leur inflexion inverse. J'avoue que je conserve des doutes sur cette action exclusive de la lumière comprise entre les raies F et H du spectre solaire. Cette lumière consiste en une partie des rayons verts, les rayons bleus et indigo, et la moitié environ des rayons violets. Précédemment, M. Payer admettait que l'inflexion des tiges vers la lumière n'avait lieu que sous l'influence des rayons bleus et des rayons violets; aujourd'hui il refuse cette propriété aux rayons violets extrêmes du spectre, et il l'accorde aux rayons verts les plus voisins des rayons bleus. Ainsi, voilà cette propriété enlevée à la partie des rayons violets qui possède le *pouvoir éclairant* au plus faible degré, et cette même propriété s'étend à une partie des rayons verts chez lesquels le *pouvoir éclairant* est voisin du maximum dans le spectre solaire. Il reste à savoir si, en expérimentant avec des plantes dont les racines auraient une plus grande exiguïté de diamètre, et qui, par conséquent, seraient plus flexibles, on ne les verrait pas fuir la lumière sous l'influence des rayons jaunes, orangés et rouges du spectre solaire. Pour moi, j'avoue que je suis très-porté à le penser, et cela en conséquence des observations qui m'ont prouvé que les tiges végétales s'infléchissent vers la lumière rouge, comme elles s'infléchissent vers la lumière bleue et violette d'après les expériences de M. Payer. Cet observateur ayant vu qu'il y a des racines qui ne fuient point la lumière, il faudra savoir si cela ne proviendrait point de leur grosseur, ce qui causerait chez elles un manque de flexibilité suffisante; il faudra savoir, en outre, si, chez les racines qui fuient la lumière, il n'y a point de la matière verte, laquelle n'existerait pas chez les racines qui sont insensibles à l'action de la lumière, ainsi que mes expériences me l'ont fait voir. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note relative au calcul des pressions dans le cylindre des machines à vapeur; par* M. PONCELET.

« L'objet principal de cette Note, annoncé dans le *Compte rendu* de la dernière séance, est d'exposer les équations différentielles qui peuvent servir à calculer, dans les machines à vapeur, les pertes de travail et de pression résultant du rétrécissement des conduits et orifices d'admission ou d'évacuation du fluide; équations auxquelles j'étais parvenu dès 1828, et qui ont été mentionnées par M. Morin, dans un Mémoire, sur la machine à vapeur de Douai, inséré en 1830, au *Mémorial de l'Artillerie*, IIIe numéro, p. 501 et suiv.

» Nommons P la pression par unité de surface, Π le poids de l'unité de volume de la vapeur dans la chaudière, quantités qui peuvent être supposées sensiblement constantes pendant la durée entière de l'écoulement ou de l'admission du fluide dans le cylindre de la machine. Soient, en outre, au bout du temps t de l'introduction de la vapeur, p la pression dans ce cylindre, x la longueur de la course du piston moteur à partir de sa position initiale pour laquelle $x = 0$, A et Ω les aires constantes de la section transversale du cylindre et du tuyau d'amenée de la vapeur, V la vitesse de cette vapeur à son arrivée dans le cylindre et au sortir de l'orifice d'admission, dont l'aire ω, variable ou constante, est déterminée par le mouvement de l'excentrique de la machine.

» Pour arriver aux équations qui lient entre elles les pressions P et p, nous considérerons le fluide comme sensiblement incompressible ou à la densité constante Π de la chaudière, pendant son trajet au travers des conduits, et son mouvement comme sensiblement permanent pendant la durée de chacun des éléments dt du temps : on y est suffisamment autorisé d'après les nombreux exemples où de pareilles hypothèses, appliquées à l'écoulement variable des liquides et des gaz, ont conduit à des résultats conformes à ceux de l'expérience, dans tous les cas où les conditions du mouvement ne changeaient pas d'une manière trop brusque, et où les vases contenant le fluide avaient des dimensions très-grandes relativement à celles des orifices et tuyaux par lesquels il s'écoulait.

» En admettant donc ces suppositions, le principe des forces vives conduit immédiatement à cette première équation, qui exprime, à un instant donné, la loi du mouvement au travers des conduits d'amenée lorsqu'on néglige l'influence peu sensible de la vitesse possédée par les molécules fluides dans l'intérieur de la chaudière et du cylindre,

$$V^2 + K\frac{\omega^2}{\Omega^2}V^2 = 2g\left(\frac{P}{\Pi} - \frac{p}{\Pi}\right), \quad \text{ou} \quad V = \sqrt{\frac{2g(P-p)}{\Pi\left(1 + K\frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)}} \ (*);$$

(*) Lorsque je posai cette équation et les suivantes dans mes Leçons de 1828, le *Mémoire* de M. Navier, *sur l'écoulement des fluides élastiques*, n'avait point encore paru, et j'admettais, sans difficulté, l'hypothèse qui suppose la densité du fluide sensiblement constante pendant la courte durée de son trajet au travers des orifices et conduits. Cette manière d'envisager la question était justifiée, dès lors, par le résultat des expériences de M. Lagerhjelm, en Suède, et de M. d'Aubuisson, en France, du moins pour de faibles différences entre les

g représentant, à l'ordinaire, la vitesse d'accélération de la gravité, et K un facteur purement numérique, fonction, 1° des coefficients de contraction relatifs aux divers orifices ou passages; 2° des rapports mutuels des aires ou sections transversales de ces passages; 3° enfin du coefficient relatif au frottement de la vapeur dans les tuyaux et conduits divers, ainsi que des dimensions de ces conduits. Ce facteur K, qui se rapporte aux pertes diverses de force vive, se calcule d'ailleurs approximativement, pour chaque nature d'appareil, d'après des règles fixes, fondées sur les données de l'expérience, et vérifiées, pour les liquides, dans de nombreuses circonstances.

» L'expression ci-dessus mettrait, comme on voit, en état de calculer, à un instant donné, la vitesse V, au moyen de la différence de pression $P-p$, si p était connu en fonction du temps; et, par suite, on obtiendrait la valeur Q, du volume de vapeur, à la densité Π ou à la pression P dans la chaudière, qui s'écoule, pendant la durée du temps quelconque t, au moyen de l'intégrale définie

$$Q = \int_0^t \mu\,\omega\,V\,dt = \mu \int_0^t \sqrt{\frac{2g(P-p)}{\Pi\left(1+K\frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)}}\,\omega\,dt,$$

dans laquelle μ représente le coefficient de contraction relatif à l'orifice d'ad-

---

pressions extrêmes; mais j'ai pu également en faire de nombreuses vérifications en l'appliquant à l'établissement de formules relatives au jeu des machines soufflantes des usines à fer, machines dans lesquelles la pression surpasse quelquefois de $\frac{1}{5}$ la pression extérieure, et dont les élèves de l'École d'Application de Metz ont à faire annuellement le levé et les calculs, pour en confronter les résultats avec ceux de l'expérience, c'est-à-dire avec les données manométriques recueillies, sur place, aux divers points des conduits.

Les formules de M. Navier, fondées sur l'hypothèse inverse, que le fluide se détend complètement, d'après la loi de Mariotte, avant son arrivée dans l'espace extérieur, ce qui annule le travail des pressions extrêmes pour le remplacer par celui qui est dû à la simple détente, ces formules, comme on le sait aujourd'hui, et celles par lesquelles subséquemment on a cherché à tenir compte de l'influence des changements de densité et de température jusqu'ici encore inobservés, ne paraissent guère mieux s'adapter aux phénomènes que les anciennes formules qui, tout en présentant moins d'incertitude et de paradoxes, sont plus appropriées aux applications pratiques, où il conviendra toujours de négliger la considération des quantités ou éléments qui n'exercent qu'une très-faible influence sur les résultats : le moindre inconvénient des méthodes où l'on prétend introduire de tels éléments dans les questions qui réclament une solution purement approximative et usuelle, c'est de compliquer inutilement les équations, si même elles ne les rendent tout à fait insignifiantes et inapplicables sous leur forme purement implicite.

mission extérieur; ω et p pouvant être à la fois fonctions du temps ou de la vitesse variable du piston.

» Or, le volume de vapeur Q, est censé à la pression P de la chaudière, et, par hypothèse, il ne se dilate, dans la capacité variable comprise entre les bases du cylindre et du piston, qu'en perdant par les tourbillonnements, l'excès de sa vitesse d'affluence V, sur celle du piston, qu'on doit ici négliger vis-à-vis de la précédente. De plus, le rayonnement du piston et de la *chemise* du cylindre, etc., suffisant, ici encore, pour entretenir la vapeur à une température à peu près constante et égale à celle qui a lieu dans la chaudière, à cause de l'extrême lenteur de la marche du piston au commencement de sa course ou pendant la durée de l'admission, on doit admettre, comme une hypothèse suffisamment justifiée par l'expérience, que, d'après la loi de Mariotte, on a constamment, sauf peut-être à l'origine du mouvement, l'égalité

$$A(x+e)p = QP;$$

A représentant l'aire de la section transversale du cylindre, et e la portion de la hauteur de ce dernier qui répond à ce qu'on nomme l'*espace nuisible*, au jeu indispensable conservé entre le fond du cylindre et le piston à la fin et au commencement de la course de celui-ci, ainsi qu'aux vides des conduits compris entre ce fond et la boîte à vapeur.

» En différentiant cette équation de condition par rapport au temps et y substituant la valeur ci-dessus de Q ou de dQ, elle devient

$$A(x+e)dp + Apdx = PdQ = P\mu \sqrt{\frac{2g(P-p)}{\Pi\left(1+K\frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)}}\,\omega\,dt.$$

» D'après la disposition ordinaire du mécanisme de l'excentrique qui donne le mouvement aux valves ou tiroirs servant à régler l'ouverture de l'orifice ω, on peut partager la durée entière de l'admission de la vapeur en trois époques distinctes, dont celle du milieu, la plus longue à beaucoup près, répond aux instants où cet orifice reste complétement ouvert et ω constant, tandis que, pour les extrêmes relatives aux instants mêmes où l'ouverture et la fermeture s'opèrent, la valeur de ω varie suivant une loi déterminée par le jeu de l'excentrique, et qu'il est facile, dans chaque cas, d'exprimer en fonction de la variable x, qui fixe la position du piston au-dessus de sa position initiale.

» L'ouverture et la fermeture dont il s'agit s'opérant, en général, dans

un temps très-court et à des époques où le mouvement du piston est comparativement très-lent, on peut, dans beaucoup de cas, négliger la considération de la variabilité de ω, et supposer sa valeur sensiblement égale à celle qu'il conserve pendant la plus grande partie de la durée de l'écoulement de la vapeur, supposition d'autant plus permise, pour la période relative à l'ouverture des orifices, que, souvent aujourd'hui, les machines offrent une disposition très-avantageuse, nommée l'*avance de tiroir*, et qui a pour but précisément d'éviter une trop grande réduction de pression, un trop grand abaïssement de température dans l'espace nuisible qui correspond à l'origine ou à la fin de la course du piston.

» D'un autre côté, le mouvement de ce dernier est lié à celui du volant ou de l'arbre moteur par une équation qui, lorsque la bielle est suffisamment longue, prend sensiblement la forme

$$x = r - r \cos \alpha,$$

r étant le rayon de la manivelle et α l'angle qu'elle décrit à partir de l'instant pour lequel x et t sont simultanément nuls. Nommant d'ailleurs V_1 la vitesse angulaire, ou à l'unité de distance, de cette manivelle, vitesse qui peut être constante ou variable suivant les cas, mais qui varie, en effet, extrêmement peu dans la durée d'une seule période ou d'une simple oscillation du piston, on aura

$$dx = rV_1 \sin \alpha \, dt, \qquad dt = \frac{dx}{V_1 r \sin \alpha} = \frac{dx}{V_1 \sqrt{2rx - x^2}},$$

valeur qui, étant substituée à la place de dt dans l'équation différentielle ci-dessus, lui fera prendre la nouvelle forme, plus explicite,

$$(x + e)\, dp + p dx = c \sqrt{\frac{P - p}{2rx - x^2}}\, dx;$$

en posant, pour simplifier, la quantité

$$\frac{P \mu \omega \Omega}{AV_1} \sqrt{\frac{2g}{\Pi(\Omega^2 + K\omega^2)}} = c.$$

» Telle est finalement l'équation différentielle d'où l'on devra, dans chaque cas, tirer la valeur de p en fonction de la variable x, qui fixe la position du piston aux divers instants. Cette équation ayant ses variables mêlées, ne

pourra s'intégrer généralement sous forme finie, mais il sera toujours possible de la résoudre d'une manière approximative, même dans l'hypothèse où ω et c seraient variables suivant une loi donnée quelconque.

» On observera, à cet effet, qu'au point de départ du piston, où t et x sont nuls, la valeur de p est déterminée par la nature du dispositif qui sert à régler l'échappement de la vapeur dans l'oscillation précédente, ainsi qu'on le verra ci-dessous, ou d'après l'avance du tiroir, qui rend la valeur initiale de p sensiblement égale à P. D'ailleurs ces circonstances exercent très-peu d'influence sur les résultats, à cause de la rapidité avec laquelle la quantité p croît aux premiers instants de la course du piston quand sa valeur initiale est supposée nulle ou très-petite; l'équation différentielle ci-dessus donne effectivement

$$\frac{dp}{dx} = \frac{c}{x+e}\sqrt{\frac{P-p}{2rx-x^2}} - \frac{p}{x+e},$$

quantité qui devient infinie pour $x = 0$, et qui conserve des valeurs très-grandes tant que celles de p, toujours inférieures à P, n'en sont pas néanmoins très-voisines.

» Cela posé, considérant ces valeurs de p comme les ordonnées verticales d'une courbe dont les valeurs correspondantes de x seraient les abscisses horizontales perpendiculaires à l'axe du cylindre, et choisissant une fraction i de la pression P suffisamment petite, on attribuera successivement à p les valeurs croissantes iP, $2iP$, $3iP$,..., niP, censées mesurées sur ce même axe, et dont les intervalles égaux à iP correspondront à des arcs de la courbe, généralement très-petits et partant sensiblement rectilignes. Les tangentes d'inclinaison de ces arcs ou éléments, sur l'axe des ordonnées ou des p, étant mesurées par les valeurs successives de la quantité

$$q = \frac{dx}{dp} = \frac{x+e}{c\sqrt{\dfrac{P-p}{2rx-x^2}} - p},$$

leur produit qiP, par iP, fera connaître l'accroissement de x correspondant aux divers accroissements de la quantité p; ce qui permettra de calculer approximativement et de proche en proche, les valeurs de x simultanées à celles de cette quantité.

» Nommons p_0, $p_1 = iP$, $p_2 = 2iP$,..., $p_n = niP$, les valeurs successivement attribuées à p; $x_0 = 0$, x_1, x_2,..., x_n et q_0, q_1, q_2,..., q_n,

les valeurs correspondantes de x et de q, on aura évidemment

$$x_0 = 0, \quad x_1 = x_0 + q_0 p_0 = q_0 p_0, \quad x_2 = x_1 + q_1 p_1 = q_0 p_0 + q_1 p_1, \ldots,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots x_n = q_0 p_0 + q_1 p_1 \ldots + q_n p_n;$$

valeurs qui se calculeront, en effet, de proche en proche, à partir de la seconde, puisqu'il ne s'agira que de substituer, dans l'expression générale de q, les valeurs simultanées de p et de x, dont la première est censée donnée *à priori*, tandis que la seconde est déterminée par le résultat de l'opération précédente.

» Quand la forme de la courbe se rapprochera beaucoup de la ligne droite dans sa première partie ou pour les premières valeurs de x, il ne sera pas nécessaire de resserrer beaucoup les opérations ou de prendre i très-petit dans cette région. Mais, comme la valeur de p peut être susceptible d'un *maximum*, d'une limite supérieure correspondant à la condition

$$\frac{dp}{dx} = 0 \text{ ou } c\sqrt{\frac{P-p}{2rx-x^2}} - p = 0; \quad \text{c.-à-d.} \quad c^2(P-p) = (2rx - x^2)p^2,$$

il faudra les multiplier beaucoup aux environs de ce *maximum*, et même il sera convenable de renverser le mode d'opérer en substituant l'axe des x à l'axe de p.

» Au surplus, on remarquera qu'à partir de ce *maximum*, les valeurs de q devenant négatives, celles de p décroîtront constamment jusqu'à l'époque qui correspond à la fermeture de l'orifice d'admission, dont la durée, généralement très-courte, peut être négligée ou entrer en considération si l'on tient compte de la variabilité de ω dans les formules fondamentales. La loi des tensions p, en fonction de x, étant ainsi trouvée d'une manière approximative, il ne s'agira plus, pour obtenir le volume de vapeur Q, écoulé de la chaudière sous la pression P, que de substituer les valeurs finales de x et de p dans l'équation

$$A(x+e)p = QP,$$

posée en premier lieu.

» Quant au travail développé contre le piston, par cette même vapeur, pendant la durée de son admission dans le cylindre, on l'obtiendra en calculant, par les méthodes de quadrature connues, la valeur de l'intégrale

$$\int Apdx = A\int pdx,$$

prise entre les limites qui correspondent à l'ouverture et à la fermeture complète de la soupape d'admission; $\int pdx$ représentant précisément l'aire comprise entre la courbe qui nous a occupé ci-dessus, l'axe des p et l'abscisse ou perpendiculaire donnée par la dernière valeur de x.

» Je n'insisterai point davantage sur ces calculs à la portée de tous les ingénieurs, mais je ferai remarquer que les résultats auxquels on arrive par la discussion de l'équation différentielle ci-dessus, sont sensiblement d'accord avec les données de l'expérience fournies par l'*indicateur* de Watt, du moins quant à la marche générale de la fonction p ou de la loi des tensions, relative à la période de l'admission. Les nombreux relevés de courbes obtenus par cet instrument, et que M. Morin a pu déjà se procurer, lui ont d'ailleurs appris que, pour les machines avec ou sans détente, convenablement proportionnées et réglées, ces courbes conduisent à considérer la pression p, comme sensiblement ou moyennement constante pendant la durée de l'admission; ce qui lui a permis de simplifier notablement les calculs relatifs à la détermination de cette donnée indispensable, dans quelques circonstances, pour évaluer le travail de la vapeur sur les machines.

» Je terminerai cette Note par plusieurs remarques essentielles :

» 1°. Les considérations précédentes supposent que l'on néglige entièrement l'influence de la force vive correspondante à la vitesse d'arrivée V, de la vapeur dans le cylindre, et par conséquent l'accroissement de pression, sur le piston, qui peut lui être due. Cette manière de raisonner est justifiée, d'un côté, par la faible vitesse du piston, et par conséquent de la vapeur qui le presse, relativement à celle d'affluence V; d'un autre, par la disposition même des orifices d'admission sur la surface interne des cylindres, disposition en vertu de laquelle la direction du jet est perpendiculaire à cette surface, ou parallèle à la base du piston, de sorte que la vitesse V est détruite par les tourbillonnements, sans contribuer directement à l'effet utile. En supposant même que le jet fût dirigé perpendiculairement à la surface du piston, et qu'il agît, à tous les instants, avec l'intensité due à la vitesse V, il est aisé d'apercevoir, d'après le résultat des expériences ou des théories connues, que l'excédant de pression qui pourrait en résulter serait négligeable vis-à-vis de la pression entière, à cause de la faible densité de la vapeur et de la petitesse même de la section transversale du jet.

» 2°. La solution qui vient d'être exposée, relativement à l'admission de la vapeur dans le cylindre, peut, par un simple renversement des données, s'appliquer tout aussi bien à la question où il s'agit de déterminer le travail dû à l'excédant de pression que la face opposée du piston, en communica-

tion avec le condenseur ou l'air extérieur, éprouve, au par-delà de celle qui a lieu dans ce dernier, pour refouler la vapeur introduite dans le cylindre pendant la durée de l'oscillation précédente du piston, c'est-à-dire pour vaincre l'inertie et produire l'écoulement de cette même vapeur.

» Il suffira, en effet, de supposer, dans les formules ou équations déjà établies, que P représente la pression variable sur cette face du piston, p celle de l'espace extérieur qui doit être ici censée constante, V la vitesse d'affluence de la vapeur dans ce même espace; sauf qu'à l'équation de condition $A(x+e)p = QP$, posée en premier lieu, on devra substituer cette autre

$$A(x+e)P = Qp;$$

ce qui exige que l'on change p en P, et réciproquement, dans le premier membre des équations différentielles qui s'en déduisent.

» Au surplus, je crois devoir faire remarquer que cette question très-importante pour l'établissement des machines à vapeur, puisqu'elle a, en partie, motivé l'adoption de *l'avance du tiroir*, a été aussi l'objet des recherches de M. Reech, dans un Mémoire présenté, il y a quelques années déjà, à l'Académie des Sciences, mais dont le mode de solution paraît différer entièrement de celui qui vient d'être indiqué.

» 3°. Nous avons admis, dans la solution générale ci-dessus, que la vitesse angulaire V_1, de l'arbre moteur de la machine et la pression P_1 dans la chaudière, n'éprouvaient que des variations insensibles pendant la durée entière de l'admission de la vapeur sous le piston moteur. La première de ces suppositions est, en elle-même, à l'abri de toute contestation, soit qu'on s'appuie sur les faits bien connus de l'expérience, soit que l'on considère le rôle important joué ici par l'inertie des masses en mouvement, inertie à laquelle d'ailleurs correspond une force qui, tantôt s'ajoute à la résistance ordinaire du piston, et tantôt s'en retranche, de manière à maintenir l'égalité exacte entre la résistance totale ou réduite et la pression motrice de la vapeur.

» Quant aux variations éprouvées par la pression P_1 de la vapeur, dans la chaudière, pendant la durée fort courte de son introduction sous le piston, elle est toujours resserrée entre des limites très-étroites dans les bonnes machines où l'on a le soin de donner à la chaudière, remplissant les fonctions de réservoir ou régulateur, une capacité qui soit en rapport avec celle du cylindre et de la dépense de vapeur.

» Toutefois, il sera toujours possible d'avoir égard à ces variations ainsi

qu'à celles qui pourraient survenir d'une période à l'autre, ou dans une succession, plus ou moins étendue, d'oscillations du piston moteur, au moyen de nouvelles équations relatives à la variabilité même de la résistance utile ou de la puissance de vaporisation de la chaudière. Mais je laisserai de côté cette recherche étrangère à la partie de la question relative aux machines à vapeur, que je m'étais seule proposé d'exposer dans cette Note. »

M. **Cauchy**, au nom de la Section de Mécanique, annonce que la Section sera en mesure, dans la prochaine séance, de faire une proposition relativement à la vacance survenue par suite du décès de M. *Coriolis*.

MÉMOIRES LUS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur l'emploi des coefficients appliqués à la pression dans la chaudière, pour calculer les effets des machines à vapeur; par* M. de **Pambour**.

(Commission nommée pour le Mémoire de M. Morin.)

« La machine à vapeur se répand de plus en plus dans les arts industriels, en en chassant presque complétement toute autre espèce de moteur. Les capitaux qui dépendent de son usage sont énormes. Il n'y a donc aucune machine dont le calcul exige plus d'exactitude, pour être assuré qu'elle produira bien réellement les effets pour lesquels elle a été établie. Ainsi, je pense que l'Académie voudra bien me permettre de lui soumettre quelques réflexions sur le calcul des machines à vapeur par la *méthode des coefficients*, en répondant à une communication de M. Morin, sur le même sujet, et aux observations de M. Poncelet, auquel on doit, en 1826, l'introduction de cette méthode, développée ensuite en 1827, par Tredgold, dans son ouvrage sur les machines à vapeur (1).

» Je ne chercherai pas à relever toutes les petites différences d'opinion qui peuvent exister entre ces deux auteurs et moi; ce serait obscurcir la question et la faire dégénérer en discussions minimes et de détail qui ne seraient

---

(1) En lisant cette Note devant l'Académie j'avais dit que l'ouvrage de Tredgold sur les Machines à vapeur était de 1825. C'est une erreur que je me hâte de réparer ici. Cet ouvrage a paru en 1827. C'est celui qu'il a écrit sur les *Chemins de fer*, qui est de 1825.

d'aucune utilité pour la science. Je ne chercherai pas non plus à examiner si, depuis l'époque où cette discussion a commencé, en 1837, les opinions n'ont pas subi quelque modification. Je prendrai simplement les choses telles qu'elles sont maintenant, et je tâcherai de ne pas m'éloigner du but direct que je me suis proposé; savoir, de prouver que l'emploi des coefficients constants, pour calculer l'effet des machines à vapeur, d'après la pression dans la chaudière, est une méthode tout à fait inexacte. J'ajouterai seulement, que si l'on a cru voir, dans mon avant-dernière communication, qu'après avoir critiqué autrefois cette méthode, je ne la repoussais plus aujourd'hui, c'est que j'avais cru devoir mitiger ce que je disais dans la même phrase, de l'inexactitude de cette méthode. Mais obligé maintenant de répondre aux observations du dernier *Compte rendu*, je dois exprimer toute ma pensée.

» Dans la Note que j'ai présentée à l'Académie, dans sa séance du 30 octobre dernier, j'ai donné de nouvelles preuves directes, que dans les meilleures machines à vapeur, travaillant à l'état *normal*, la pression dans le cylindre peut être quelquefois sensiblement égale à celle de la chaudière, et quelquefois en différer considérablement. En lisant, non pas le Mémoire de M. Morin, puisqu'il n'est pas publié et n'est pas à ma disposition, mais l'extrait qu'il en a inséré dans le *Compte rendu* de la séance du 23 octobre, et lisant aussi dans M. Poncelet (*Mécanique industrielle*, 1830-1841, page 209) que « dans les machines de Watt, la vapeur agit en plein sur le piston,... de » sorte que sa tension est constamment la même que dans la chaudière, » j'avais cru que le point dont il s'agit était contesté; il paraît qu'il ne l'est pas. Je le regarderai donc désormais comme admis, et je crois que c'est un grand pas fait dans la question.

» Actuellement, pour savoir si la méthode des coefficients est exacte ou ne l'est pas, il suffit d'examiner comment elle procède. Pour que le raisonnement soit le plus simple possible, je supposerai qu'il s'agit d'une machine *sans détente;* car il est essentiel de remarquer que ce n'est pas la manière de calculer la détente de la vapeur, que je conteste. Cette méthode est la même chez tous les auteurs; mais c'est seulement l'emploi des *coefficients*, dont on fait ensuite usage dans le calcul.

» Pour avoir l'effet produit par une machine, dans la méthode des coefficients, on multiplie la vitesse du piston par la pression de la vapeur dans la chaudière, ce qui donne l'effet *théorique;* puis on réduit cet effet dans un certain rapport fixe, au moyen d'un coefficient constant. Or, il est évident que la force réellement appliquée dans une machine à vapeur, est la pression de la vapeur *contre le piston* ou *dans le cylindre;* et que si l'on connaissait

cette pression, ce serait par elle qu'il faudrait multiplier la vitesse du piston, pour avoir le véritable effet théorique. Donc d'abord, dans cette méthode, c'est dans le calcul de l'effet *théorique* qu'on substitue une pression à l'autre.

» Mais, sans remonter au delà de mes deux dernières communications, et sans revenir sur toutes les preuves que j'en ai données précédemment, il est évident que le rapport de la pression dans le cylindre à la pression dans la chaudière peut varier dans tous les degrés possibles, non-seulement dans les machines d'un même système, mais dans la même machine; et, dans le dernier tableau que j'ai communiqué à ce sujet, on a vu ce rapport varier de 0.35 à 0.80. Donc, en substituant ainsi une pression à l'autre, on commence d'abord par commettre une erreur très-considérable dans le calcul de l'effet *théorique*, et il n'est pas surprenant qu'on soit ensuite obligé de retrancher (d'après les coefficients adoptés) 40 pour 100, et quelquefois même 75 pour 100 d'un effet théorique calculé sur cette base. Il est évident que cette différence ne provient pas d'une réduction dans l'effet théorique réel, mais d'une erreur introduite dans le calcul même de cet effet théorique; car si, par exemple, on avait pris pour point de départ que la pression dans le cylindre doit être le double de la pression dans la chaudière, il aurait fallu admettre des coefficients moitié de ceux qui sont adoptés maintenant, ou expliquer des réductions d'effet doubles de celles qui ont été signalées plus haut. Je sais bien qu'il n'aurait pas été possible de supposer la pression dans le cylindre plus grande que celle de la chaudière, mais cet exemple montre clairement que toute la grandeur de la différence provient entièrement de la supposition qui a été prise pour point de départ dans le calcul. Ainsi c'est dans le calcul de l'effet théorique que cette méthode introduit une première erreur.

» Mais il y a une autre erreur théorique extrêmement importante dans la méthode des coefficients, c'est qu'elle attribue la différence entre la pression dans la chaudière et dans le cylindre, à des *pertes de force vive*, à des *pertes de travail*, causées par le frottement de la vapeur, les tourbillonnements, l'étranglement des passages, etc. C'est ce qu'on trouvera développé avec détail dans la dernière communication de M. Morin (page 1049 du dernier *Compte rendu*), et dans celle de M. Poncelet (page 1060); c'est-à-dire que, selon cette théorie, ce serait une *perte réelle* égale à la totalité de la différence de pression observée. Ainsi, dans les machines dont j'ai donné le tableau, cette perte s'élèverait à 65 pour 100 de l'effet total, et avec l'addition des frottements, elle se monterait, dans les machines à haute pression ordinaires, à 75 pour 100 de l'effet brut, ou, si l'on veut, *au triple de l'effet utile définitif*. Certes, si cela était vrai, il faudrait avouer que la machine à vapeur est une bien

pauvre machine, et l'on ne risquerait rien de chercher à la perfectionner; mais la vérité est que, si la pression dans le cylindre n'est souvent que le tiers de la pression dans la chaudière, ce n'est pas du tout qu'il y ait les $\frac{2}{3}$ de l'effet produit qui soit absorbé et détruit par les résistances diverses; c'est simplement que la vapeur, ayant la propriété de passer d'une pression à une autre presque instantanément, se met, au moment de son entrée dans le cylindre, en équilibre avec la résistance du piston, ce qui est inévitable, puisque le piston fuit devant elle à mesure qu'elle entre dans le cylindre, sans lui laisser prendre une pression plus forte; ou, en d'autres termes, puisque, la machine étant au mouvement uniforme, il y a nécessairement équilibre entre la puissance et la résistance. La vapeur passe donc immédiatement d'une pression à l'autre; mais, comme cela a lieu par une *transformation*, il s'ensuit que la vapeur gagne en volume sensiblement tout ce qu'elle perd en force élastique. Ainsi la pression qu'elle exerce est beaucoup moindre, mais la vitesse à laquelle elle exerce cette pression est beaucoup plus grande; et, en définitive, l'effet produit change de nature sans qu'il y ait eu, au passage des conduits, d'autres pertes de force vive que des pertes insignifiantes, et qu'on peut négliger dans le calcul.

» Cette *transformation* de la vapeur est précisément ce qui explique comment la vapeur peut être produite dans la chaudière à une pression très-élevée, et prendre dans le cylindre une pression très-faible, ce que des pertes de forces vives ne pourraient jamais expliquer au degré suffisant. D'ailleurs cette transformation est tout à fait mise en évidence par la circonstance que si, après avoir fait travailler une machine avec une certaine charge, on réduit cette charge à moitié en diminuant les orifices en conséquence, la charge moitié sera mise en mouvement à une vitesse double, pourvu qu'on ne change rien à la vaporisation de la chaudière. C'est en effet ce qu'on observe dans les machines qui remplissent cette dernière condition, comme dans les locomotives, les bateaux à vapeur, etc., lorsque toutefois, dans l'évaluation de la charge, on fait entrer le frottement de la machine et les autres résistances réellement surmontées par le piston. Si la réduction à moitié, de la pression dans le cylindre, avait été l'effet d'une *perte* indiquée par cette différence, il est évident que la vitesse ne serait pas devenue double, puisque cette circonstance rétablit la perte, et laisse, en définitive, l'effet produit sensiblement le même dans les deux cas.

» Pour calculer l'effet de la machine, il ne faut donc pas faire d'abord une évaluation trop forte de l'effet théorique, puis en soustraire d'énormes pertes de force vive qui n'existent pas, mais il faut tenir compte simplement

de cette transformation de la vapeur, et calculer en conséquence. Ainsi, en connaissant la vaporisation d'eau de la chaudière, et la supposant transformée à la pression de la résistance sur le piston, on a, d'une part, la force appliquée; puis en divisant le volume de vapeur, à cette pression, par l'aire du cylindre, on a la vitesse d'écoulement par le cylindre, qui n'est autre chose que celle du piston. Enfin, le produit de la pression par la résistance donne l'effet utile. Rien n'est donc plus simple et plus clair que ce calcul, qui est précisément celui de ma théorie. Mais on remarquera que, calculé de cette manière, l'effet utile se trouve exactement proportionnel, non pas à la pression dans la chaudière, mais à la *vaporisation* d'eau de la chaudière; et chacun conviendra que c'est bien là effectivement la véritable source de la force motrice, et que tout calcul qui n'en tient pas compte ne peut conduire qu'à des déceptions.

» Je crois donc que, théoriquement, la méthode des coefficients est erronée. Mais de plus, sous le rapport pratique, puisqu'il est reconnu que le rapport de la pression dans la chaudière à la pression dans le cylindre, qui est la vraie force motrice du mouvement, change avec la charge et la grandeur des passages, et que j'ai fait voir aussi que cette grandeur des passages varie dans toutes les machines, tantôt selon l'opinion des constructeurs, tantôt selon la charge ou la vitesse des machines, il est évident qu'un coefficient constant ne peut être exact, et qu'il en faudrait un, d'abord pour chaque système de machines, puis pour chaque ouverture de soupape à gorge dans ce système, puis pour chaque charge de la machine dans ce système et avec cette soupape, puis pour chaque vitesse de la machine, etc.

» Relativement aux machines de Cornwall, dont les soupapes à vapeur n'ont souvent que $\frac{1}{100}$ de l'aire du cylindre, M. Poncelet et M. Morin n'hésitent pas à prononcer qu'elles sont *mal proportionnées*. Mais pour se faire une idée plus exacte de ces machines, qui sont les plus parfaites qui soient connues, et dont les effets ont paru tellement surprenants au premier abord, que plusieurs ingénieurs les ont regardés comme impossibles, il suffit de savoir que, dans le comté de Cornwall, dès l'année 1811, les effets de chaque machine ont été *authentiquement* enregistrés et publiés chaque mois, par des agents choisis d'un accord commun entre tous les ingénieurs; que la concurrence qui en est résultée entre eux les a obligés d'étudier leurs machines jour par jour et sous toutes les faces, et que c'est l'observation des effets produits pendant trente ans d'expérience, qui les a amenés à admettre les proportions qu'ils ont adoptées. Ce serait bien se hasarder que de prononcer, sans autre examen, que ces admirables machines sont mal proportionnées. Il

est évident, au contraire, qu'en élargissant les passages de la vapeur, dans des machines dont la chaudière n'offre qu'une capacité extrêmement réduite pour la vapeur à cause de la situation intérieure du foyer, et dont la charge est très-légère à cause de la détente, on produirait exactement l'effet qui s'observe en semblable circonstance, dans les locomotives, où, en ouvrant le régulateur, non-seulement on n'arrête pas l'entraînement de l'eau, mais on le produit au point que l'eau tombe souvent de la cheminée sous forme d'une pluie abondante. Cet effet contrebalancerait, et au delà, les avantages qu'on se propose d'atteindre. Je n'insisterai donc pas davantage sur ce point.

» D'ailleurs, imparfaites ou non, ces machines sont extrêmement nombreuses, et le deviennent chaque jour davantage. Ainsi, une théorie qui ne s'y applique pas, non plus qu'aux locomotives, non plus qu'aux machines des bateaux à vapeur, ni à celles d'arrosement des villes, ni aux machines fixes des chemins de fer, ni à celles des fabriques où l'on fait mouvoir tantôt cinquante, tantôt cent métiers, ni enfin à des machines, quelles qu'elles soient, dont la charge varie, ne peut être ni une théorie générale, ni une théorie exacte. »

« Lors de la lecture faite par M. de Pambour devant l'Académie, M. **Poncelet**, à qui sa qualité de membre ne permit pas de répondre verbalement, s'est borné à protester purement et simplement contre les assertions erronées de l'auteur, dont quelques-unes se trouvent ici rectifiées. Mais si le Règlement s'oppose à ce qu'un membre puisse prendre la parole dans de telles circonstances, il est un autre motif qui doit encore empêcher M. Poncelet de continuer une discussion à laquelle il n'a pris part qu'à regret et par les provocations de M. de Pambour : ce motif, que tout le monde appréciera, est relatif à sa position de juge vis-à-vis d'un candidat pour la place restée vacante dans le sein de la Section de Mécanique. Ce même motif l'engage à refuser de continuer à faire partie de la Commission chargée d'examiner les Mémoires de MM. Morin et de Pambour. »

(M. *Regnault* est désigné pour remplacer M. *Poncelet* dans cette Commission.)

MÉCANIQUE. — *Mémoire sur un mode d'interpolation applicable à des questions relatives au mouvement des eaux, et suppléant à l'intégration souvent impossible des équations aux dérivées partielles; par* M. **de Saint-Venant**.

(Commissaires, MM. Cauchy, Poncelet, Lamé.)

« 1. A l'occasion d'un projet de barrage sur une rivière, j'eus à chercher la solution d'un problème d'eaux courantes dans un cas où le mouvement

n'est pas uniforme, et où les vitesses près des parois ont, avec la vitesse moyenne, de tout autres rapports que ceux pour lesquels la résistance des parois est exprimable approximativement par la formule empirique connue.

» Je désirai donc connaître l'expression de cette résistance, non plus en fonction de la vitesse moyenne du courant, mais en fonction des vitesses dont sont animées les couches mêmes qui frottent contre ces parois. Pour cela je cherchai quelles pouvaient être les vitesses et les résistances individuelles aux divers points près des parois, dans les expériences de Dubuat, faites sur des canaux artificiels à section rectangle ou trapèze.

» Mais les questions de mécanique usuelle donnent souvent naissance à des questions de haute géométrie, d'une difficulté désespérante. Tel était celle dont je cherchais la solution. En effet, en admettant dans le fluide, une distribution des vitesses conforme aux équations différentielles données en 1822 par Navier, il fallait intégrer ces équations, qui sont analogues à celles du mouvement de la chaleur, mais avec des conditions aux limites essentiellement différentes de celles que l'on pose dans les problèmes de la distribution de la chaleur dans les corps solides.

» Dans les questions de la théorie de la chaleur, l'inconnue, qui est la température, n'entre qu'au premier degré dans les conditions relatives à la surface des corps; les équations *définies* sont linéaires, comme l'équation indéfinie, et cela est nécessaire, je crois, pour que les solutions qui ont été données de ces sortes de questions, depuis vingt ans, puissent recevoir leur application.

» Mais il en était autrement dans le mouvement du fluide. L'inconnue est la vitesse; or, la résistance des parois, qui entre dans les équations aux limites, n'est pas proportionnelle à la première puissance de cette vitesse : tout ce qu'on sait sur les résistances de ce genre porte à penser qu'elles sont plutôt proportionnelles *aux carrés des vitesses*, et même à des binômes dans lesquels la vitesse et son carré entrent simultanément.

» Les méthodes d'intégration connues n'étaient donc pas applicables, et il fallait chercher autre chose.

» Or, lorsque les procédés exacts et généraux manquent, ceux qui appliquent les mathématiques se contentent de solutions numériques et approximatives. C'est ce que j'ai dû faire dans le cas énoncé.

» Je ne donne pas aujourd'hui les résultats relatifs aux fluides : je veux seulement appeler l'attention sur le procédé que j'ai suivi pour résoudre numériquement et approximativement l'équation aux dérivées partielles avec

des conditions aux limites où l'inconnue entre au carré, et même à une puissance fractionnaire, comme on va voir.

» 2. L'équation du mouvement uniforme et rectiligne d'un fluide, dans un canal dont la section est constante, mais de figure quelconque, est, en admettant avec Navier et Poisson que le *frottement* des filets consécutifs est proportionnel aux différences infiniment petites de leurs vitesses,

$$\varepsilon\left(\frac{d^2u}{dy^2}+\frac{d^2u}{dz^2}\right)=\rho g \mathrm{I}, \tag{1}$$

u étant la vitesse au point dont les coordonnées horizontale et verticale, tracées sur la section transversale du courant, sont y et z; ρ et g étant la densité et la pesanteur, I la pente par mètre, enfin ε une quantité constante qu'on pourrait appeler le coefficient du frottement intérieur ou de la *communication latérale* du mouvement dans le fluide.

» Plaçons l'origine des coordonnées au milieu de la superficie du courant, et supposons que la section d'eau soit un rectangle d'une largeur $2a$, et d'une profondeur b. L'unité superficielle d'un filet au fond sera sollicitée, de la part du filet immédiatement supérieur, par une force $-\varepsilon\frac{du}{dz}$; mais ce filet sera sollicité en sens contraire, de la part de la matière du fond, par une force qui sera $\alpha u+6u^2$, si on la suppose exprimable de la même manière en fonction de la vitesse au fond, que la résistance totale des parois a été reconnue l'être en fonction de la vitesse moyenne (seulement, les nombres constants α, 6 auront d'autres valeurs que dans les formules de Prony et d'Eytelwein relatives à la vitesse moyenne et à la résistance totale). Semblable chose peut être dite pour la résistance des parois latérales. Les équations définies, ou les conditions au contour de la section, sont donc, en négligeant le frottement de l'air sur la superficie,

$$\frac{du}{dz}=0, \qquad \text{pour} \quad z=0, \qquad \text{quel que soit } y; \tag{2}$$

$$-\varepsilon\frac{du}{dz}=\alpha u+6u^2, \quad \text{pour} \quad z=b, \qquad \text{quel que soit } y; \tag{3}$$

$$-\varepsilon\frac{du}{dy}=\alpha u+6u^2, \quad \text{pour} \quad y=\pm a, \quad \text{quel que soit } z. \tag{4}$$

» 3. Comme les séries connues de quantités périodiques n'ont servi, jusqu'à présent, que lorsque les équations définies (3) et (4) étaient linéaires, j'exprimerai simplement u, pour arriver à en avoir la valeur approchée.

par un polynôme ordonné suivant les puissances entières et positives des coordonnées y et z.

» En tirant de ce polynôme les valeurs de $\frac{d^2u}{dy^2}$, $\frac{d^2u}{dz^2}$, substituant dans l'équation définie (1), et égalant à zéro tout ce qui affecte les mêmes puissances ou les mêmes produits des variables y et z, conformément à la méthode des coefficients indéterminés, on exprime les uns au moyen des autres, les coefficients inconnus du polynôme, ce qui en réduit le nombre, de sorte qu'on a l'expression suivante de u, qui satisfait exactement à l'équation (1):

$$(5)\quad \left\{ \begin{array}{l} u = A - \left(\frac{\rho g I}{4\varepsilon} + B\right) y^2 - \left(\frac{\rho g I}{4\varepsilon} - B\right) z^2 \\ \quad + C(y^4 - 6y^2z^2 + z^4) + D(y^6 - 15y^4z^2 + 15y^2z^4 - z^6) \\ \quad + E(y^8 - 28y^6z^2 + 70y^4z^4 - 28y^2z^6 + z^8) + \ldots \\ \quad + Gy + Hz + J(y^3 - 3yz^2) + K(3y^2 - z^3) \\ \quad + L(4y^3z - 4z^3) + M(y^5 - 10y^3z^2 + 5yz^4) \\ \quad + N(5y^4z - 10y^2z^3 + z^5) + O(6y^5z - 20y^3z^3 + 6yz^5) \\ \quad \text{etc.} \end{array} \right.$$

» Il est facile de voir que les termes impairs dont les coefficients sont G, H, J, K, L, M, N, O doivent être nuls dans le cas présent.

» Par cela seul, la première équation définie (1) est satisfaite.

» Si l'on substituait dans les deux autres équations définies (3) et (4) les valeurs de u et de ses coefficients différentiels, on aurait d'autres relations entre les coefficients; mais, outre qu'elles seraient compliquées, on ne pourrait y satisfaire qu'en prenant ces coefficients A, B, C, D, E en nombre infini, et l'on ne serait pas encore assuré d'avoir, même d'une manière approchée, la valeur générale de la vitesse u, car on ne sait pas si elle est développable en série convergente ordonnée suivant les puissances entières de y et z.

» 4. Je n'ai donc point cherché à satisfaire d'une manière générale aux deux équations définies (2) et (3), qui expriment la résistance des parois et du fond.

» Ma méthode consiste à y satisfaire *en un certain nombre seulement des points du contour,* et à poser ainsi un certain nombre d'équations qui me servent à trouver les valeurs d'un pareil nombre de coefficients A, B, C, D, E. La solution est d'autant plus approchée que l'on pose plus d'équations particulières, et que l'on détermine plus de coefficients.

» Je me borne donc toujours à un certain nombre de termes du second membre de l'équation (5). Ce second membre n'est point une série, et l'on n'a pas besoin de s'occuper de sa convergence ou de sa divergence; c'est *simplement une formule d'interpolation*, que l'on astreint à satisfaire *exactement* à des conditions relatives à certains points, et qui, en vertu de la continuité, satisfera *approximativement* aux mêmes conditions pour tous les points intermédiaires. La seule preuve que l'on ait besoin d'avoir de la légitimité de la manière d'opérer, se trouvera dans le résultat final : si l'on trouve, aux points du contour où l'écart est le plus grand, que cet écart ne dépasse pas les limites de l'approximation que l'on désire, la solution cherchée devra être considérée comme obtenue.

» On aurait pu même choisir une autre formule que le second membre de (5) pour exprimer u. C'est ainsi que, dans la méthode d'interpolation ordinaire, on choisit la formule comme on veut, pourvu qu'elle satisfasse à toutes les valeurs particulières de la fonction, qui sont données explicitement. Notre nouvelle méthode ne fait qu'étendre l'interpolation au cas où ces valeurs ne sont données qu'implicitement, ou par les conditions qu'elles sont astreintes à remplir; elle a, sur l'autre, l'avantage d'une exactitude indéfinie, car on peut multiplier à volonté les valeurs particulières auxquelles elle satisfait.

» **5.** J'ai choisi pour les points du contour où je satisfaisais exactement aux conditions définies : 1° Les points des parois à la surface de l'eau; 2° les angles rentrants des parois et du fond; 3° le milieu du fond.

» Désignons respectivement par les indices ao, ab, ob, les quantités relatives à ces points qui répondent, les premiers, à $y=a$, $z=0$; les deuxièmes à $y=a$, $z=b$; le dernier à $y=0$, $z=b$. On a ces quatre équations aux limites

$$(6)\qquad \begin{cases} -\varepsilon\dfrac{du_{ao}}{dy}=\alpha u_{ao}+6u_{ao}^2, & -\varepsilon\dfrac{du_{ob}}{dz}=\alpha u_{ob}+6u_{ob}^2, \\ -\varepsilon\dfrac{du_{ab}}{dy}=\alpha u_{ab}+6u_{ab}^2, & \dfrac{du_{ab}}{dy}=\dfrac{du_{ab}}{dz}; \end{cases}$$

ce qui donne, pour déterminer quatre coefficients A, B, C, D, trois équations du second degré et une du premier degré. On peut les résoudre numériquement quand on connaît les valeurs numériques de ε, α, 6, $\frac{a}{b}$.

» **6.** Mais c'est, comme je l'ai dit (n° **1**), un problème inverse que j'avais à résoudre : je voulais, au moyen des expériences de Dubuat, qui donnent

la vitesse moyenne $U = \dfrac{\int_{-a}^{a} dy \int_{o}^{b} dz}{2ab}$, et la plus grande vitesse A la surface, obtenir des valeurs des coefficients ε, α, β. Divisons par A l'équation (5) débarrassée des termes nuls, et donnons d'autres désignations aux coefficients inconnus, nous la mettrons sous cette forme, en appelant u_{oo} la plus grande vitesse,

$$(7)\quad \frac{u}{u_{00}} = 1 - p\frac{y^2}{a^2} - q\frac{z^2}{a^2} - \frac{r}{a^4}(y^2 - 6y^2z^2 + z^4) - \frac{s}{a^6}(y^6 - 15y^4z^2 + 15y^2z^4 - z^6),$$

et l'on aura

$$(8)\quad \frac{U}{u_{00}} = 1 - \frac{1}{3}p - \frac{1}{3}\frac{b^2}{a^2}q - \left(\frac{1}{5} - \frac{2}{3}\frac{b^2}{a^2} + \frac{b^4}{5a^4}\right)r - \left(\frac{1}{7} - \frac{b^2}{a^2} + \frac{b^4}{a^4} - \frac{1}{7}\frac{b^6}{a^6}\right)s.$$

» On peut essayer de représenter les phénomènes en supposant α nul, ou la résistance du fond proportionnelle au simple carré des vitesses des couches contiguës, car le terme où la vitesse moyenne est au premier degré dans l'équation de Prony ne vient peut-être que des frottements intérieurs. Alors ε et β peuvent être éliminés des équations (6), et l'on a, pour déterminer les coefficients p, q, r, s, l'équation (8) et les trois équations

$$(9)\quad \frac{du_{ab}}{dy} = \frac{du_{ab}}{dz}, \qquad u_{ao}^2\frac{du_{ob}}{dz} = u_{ob}^2\frac{du_{ao}}{dy}, \qquad u_{ab}^2\frac{du_{ao}}{dy} = u_{ao}^2\frac{du_{ab}}{dz},$$

c'est-à-dire deux équations du premier degré et deux du troisième degré.

» 7. J'ai résolu un grand nombre de problèmes numériques de ce genre; j'ai même étendu les solutions aux cas de canaux trapèzes et de canaux à section parabolique, et j'ai tenu compte aussi de la résistance de l'air à la surface.

» Mais, pour éviter les deux équations du troisième degré, je me donnais le rapport numérique des deux vitesses inconnues u_{ao}, u_{ob}. Soit t ce rapport: j'avais ainsi, au lieu des équations (8) et (9), celles-ci :

$$(10)\quad \frac{du_{ab}}{dy} = \frac{du_{ab}}{dz}, \quad u_{ao} = t\,u_{ob}, \quad \frac{du_{ao}}{dy} = t^2\frac{du_{ob}}{dz}, \quad u_{ao}^2\frac{du_{ob}}{dz} = u_{ob}^2\frac{du_{ao}}{dy},$$

c'est-à-dire trois équations du premier degré et une du troisième degré, ce qui rendait les solutions numériques expéditives : j'obtenais ainsi une table des valeurs numériques de p, q, r, s correspondantes à diverses grandeurs du rapport $\frac{u_{ao}}{u_{ob}}$; je l'étendais par des interpolations et je choisissais, pour chaque expérience, le système qui satisfaisait à l'équation (8).

» **8.** La seule chose qu'il importe de mentionner quant à présent, c'est que ce procédé d'intégration *réussissait;* car, pour des points du contour intermédiaires entre ceux pour lesquels on posait les équations définies, ces mêmes équations se trouvaient satisfaites à un vingtième, à un centième, à un deux millième près.

» On serait, certes, bien heureux, dans les problèmes de mécanique pratique, d'arriver toujours à une pareille approximation.

» **9.** J'ai pu même résoudre le problème pour le cas où la résistance aux parois serait proportionnelle, non pas au carré, mais à la puissance $\frac{23}{12}$ de la vitesse, et où l'on aurait, par conséquent, des équations définies telles que

$$\varepsilon \frac{du_{ao}}{dy} = \beta u^{\frac{23}{12}}.$$

» J'ai été conduit à essayer une pareille fonction sur la remarque que j'ai faite, que les expériences de Dubuat donnant la résistance totale des parois étaient tout aussi bien représentées, en fonction de la vitesse moyenne U, par un monôme $\beta U^{\frac{23}{12}}$ que par un binôme $\alpha U + \beta U^2$.

» La difficulté n'est pas plus grande que dans le cas du n° **7**, où l'exposant est 2 dans le terme monôme, car la dernière équation (10) prend, après l'élimination de trois coefficients p, r, s, la forme

$$(m + nq)\,(m' + n'q)^{\frac{23}{12}} = (m'' + n''q)\,(m''' + n'''q)^{\frac{23}{12}},$$

m, n, m',... étant des nombres. Or, en prenant les logarithmes des deux membres et cherchant q par une méthode de fausse position particulière, j'arrivais promptement à sa valeur d'une manière très-approchée.

» Voici des exemples, choisis au hasard, de la solution numérique. On a, pour $\frac{b}{a} = 0{,}4$, $\frac{u_{ao}}{u_{ob}} = 0{,}9$:

$$\frac{u}{u_{oo}} = 1 - 0{,}1697827\,\frac{y^2}{a^2} - 0{,}775517\,\frac{z^2}{a^2} - 0{,}0405672\,.\frac{y^4 - 6y^2z^2 + z^4}{a^4} - 0{,}0022507\,.\frac{y^6 - 15y^4z^2 + 15y^2z^4 - z^6}{a^6}.$$

» On a, pour $\frac{b}{a} = 0{,}2$, $\frac{u_{ao}}{u_{ob}} = 0{,}85$:

$$\frac{u}{u_{oo}} = 1 - 0{,}1144635\,\frac{y^2}{a^2} - 2{,}900190\,\frac{z^2}{a^2} - 0{,}0914186\,\frac{y^4 - 6y^2z^2 + z^4}{a^6} - 0{,}0428440\,\frac{y^6 - 15y^4z^2 + 15y^2z^4 - z^6}{a^6}.$$

On peut vérifier que, sur le contour, c'est-à-dire pour tous les points répondants à $y = a$, et pour ceux qui répondent à $z = b$, les coefficients différentiels $\frac{du}{dy}$ et $\frac{du}{dz}$ sont porportionnels à la puissance $\frac{23}{12}$ de u à un onze centième et à un quatre centième près.

» **10.** Je crois donc que la nouvelle méthode, qui est, comme l'on voit, très-élémentaire, pourra suppléer, dans un grand nombre de cas, aux intégrations difficiles ou impossibles. Les calculs numériques peuvent être longs, mais c'est beaucoup, je pense, de réduire à une affaire de temps et de patience la solution, aussi approchée qu'on veut, de problèmes sur lesquels les méthodes analytiques générales n'ont pas de prise. On trouve, d'ailleurs, des expédients pour abréger les calculs quand on en fait un certain nombre (*).

» Ils seraient plus simples s'il était question de problèmes de distribution de la chaleur, car les équations aux limites sont alors du premier degré, et on pourrait résoudre peut-être ainsi ces problèmes dans des cas où la forme du contour ne se prête pas aux solutions exactes.

» Je crois qu'en marchant dans cette voie toute pratique, on pourrait rendre de grands services à la Mécanique appliquée. »

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Recherches sur les moyens d'obtenir une substance ne contenant pas de plomb, et remplaçant la céruse dans ses usages industriels; par* M. DE RUOLZ. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires, MM. Thenard, d'Arcet, Dumas.)

« Le nombre des individus atteints de maladies saturnines, admis pendant huit années à l'hospice de la Charité, a été de 1163; sur ce nombre, les ouvriers employés à la fabrication de la céruse figuraient pour 406, et les peintres pour 385.

» Dans l'année 1841, le seul département de la Seine a fourni 302 malades, dont 69 peintres et 233 cérusiers; sur ce nombre, 12 sont morts et 1 a été atteint d'aliénation mentale.

» Sur les 233 malades, la fabrique de Clichy en a donné 161; et sur les

(*) J'ai éprouvé aussi qu'ils étaient de ceux que l'on peut donner à faire à la tâche hors de chez soi. Je payais quatre francs le calcul de chaque système de valeurs des coefficients p, q, r, s. Qu'on me pardonne ce détail que je crois propre à montrer *à quoi* l'on peut réduire la difficulté des intégrations numériques que je propose.

12 morts, 7 sortaient de cet établissement, le seul, jusqu'à présent, qui emploie en grand un procédé particulier de fabrication.

» Aucune des espérances fondées jusqu'à ce jour sur des moyens particuliers de fabrication du blanc de plomb n'a été justifiée par l'expérience en grand. Les dangers sont donc inhérents à l'emploi du plomb, et nous croyons que le seul moyen sûr, *à priori*, de préserver une classe d'ouvriers dont on compte, à Paris seulement, près de 8000, est de remplacer la céruse par une combinaison ne contenant pas ce métal.

» En conséquence, nous donnons, dans notre Mémoire, le tableau de la préparation et de l'essai industriel d'un nombre considérable de combinaisons blanches.

» Sur ce nombre, deux seulement ont réuni les conditions d'emploi utile, d'économie et de salubrité. La première était un produit qui, bien qu'inoffensif, aurait pu, dans des mains criminelles, reprendre, à l'aide d'actions chimiques très-simples, ses qualités vénéneuses; cette considération nous a fait renoncer à ce résultat d'un long travail : poursuivant nos recherches, nous nous sommes arrêté à l'oxyde d'antimoine (fleurs argentines); il possède les qualités suivantes :

» Il offre dans son emploi des avantages sur la céruse. A l'aide du procédé de fabrication choisi par nous, il s'obtient directement du sulfure d'antimoine naturel : son adoption donnerait donc un nouvel essor à l'exploitation languissante des mines d'antimoine qui abondent en France.

» Son prix de revient est moins du tiers de celui de la céruse de moyenne qualité.

» Il peut être immédiatement broyé avec l'huile, sans autre manipulation. Les ouvriers qui se livreront à la fabrication seront exempts de tout danger, et il est hors de toute vraisemblance que les peintres qui l'emploieront mêlé avec l'huile puissent en éprouver le moindre inconvénient. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE. — *Note sur la construction des thermomètres étalons à grands degrés; par* M. PERSON.

(Commission précédemment nommée.)

« Trois procédés ont été employés pour le jaugeage des réservoirs intermédiaires dans les thermomètres étalons à grands degrés. Soit ε l'erreur moyenne qu'on fait à chaque jaugeage : 1° si l'on a n réservoirs et qu'on les

jauge les uns par les autres, l'erreur totale est $(2^n - 1)\varepsilon$; 2° si l'on n'a qu'un réservoir, et qu'on le jauge en n fois par un tube court, l'erreur est $n\varepsilon$; 3° enfin l'erreur est simplement ε si $n = 1$, c'est-à-dire si l'on a un tube assez long pour jauger le réservoir d'un seul coup. C'est le dernier procédé que j'emploie, et le choix ne me paraît pas douteux. Je coupe ensuite le tube pour avoir un thermomètre de longueur ordinaire, comme celui que j'ai eu l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie.

» Le procédé de division indiqué par M. Walferdin donne généralement des résultats un peu inexacts, même avec des tubes cylindriques. M. Regnault y a fait une modification importante. J'en ai fait une autre, que je crois indispensable quand il s'agit de tubes très-longs. Je l'ai fait connaître dans une Note précédente. Elle s'applique à des tubes sensiblement coniques, ayant même, si l'on veut, des renflements qui se trouvent jaugés pendant la division, ce qu'il ne faut pas confondre avec un jaugeage fait après coup. Son grand avantage est d'empêcher l'accumulation des erreurs qui a toujours lieu quand on opère *seulement* avec une petite colonne. Cette accumulation évitée, les erreurs qui subsistent sont peut-être moins à craindre dans les tubes décidément coniques que dans les tubes que l'on considère comme cylindriques. Ceux-ci ne paraissent souvent tels que par des compensations, de sorte qu'on peut avoir avec eux des erreurs plus grandes que la différence de deux petites colonnes consécutives.

» Le véritable problème n'est pas de diviser le tube parfaitement, mais de le diviser de manière que la plus grande erreur possible soit plus petite qu'une quantité donnée. En général, on peut prendre un dixième de millimètre pour la limite de l'erreur. Quand on s'est donné la limite de l'erreur, la colonne qui doit fournir les divisions se trouve à peu près déterminée; elle doit être assez courte pour que la différence entre deux longueurs consécutives ne dépasse pas le double de la limite de l'erreur, c'est-à-dire 2 dixièmes de millimètre dans notre hypothèse. En effet, imaginons que le tube ait été divisé à l'aide d'une colonne satisfaisant à cette condition, et que par la modification indiquée on ait évité l'accumulation des erreurs; il est évident que la plus grande erreur possible se manifestera en général avec la colonne même qui a servi aux divisions, ou avec une colonne moitié moindre. Supposons d'abord le tube régulièrement conique; soient a l'angle entre la génératrice et l'axe du cône, l la longueur de la petite colonne, x sa distance au sommet du cône, c son volume, on a, à cause de la petitesse de l,

$$\pi a^2 x^2 l = c,$$

et en différentiant,

$$-dl = \frac{2l\,dx}{x}.$$

Cette formule montre que le changement de longueur est proportionnel au déplacement de la colonne, tant qu'il s'agit de très-petits déplacements; il en résulte que si la colonne qui a donné les divisions d'égale capacité commence au milieu de la longueur de l'une d'elles, elle se termine sensiblement au milieu de la division suivante. Ainsi déjà la plus grande erreur possible avec la colonne qui a servi aux divisions est nulle.

» Quand il s'agit de deux longueurs consécutives, on a $dx = l$, et la formule devient $-dl = \frac{2l^2}{x}$, c'est-à-dire que la différence de deux longueurs consécutives est proportionnelle au carré de la longueur primitive. Si donc une colonne $\frac{l}{2}$ est mise bout à bout à partir du commencement d'une division d'égale capacité, la différence de longueur ne sera que de $\frac{1}{20}$ de millimètre dans l'hypothèse que nous avons faite, et c'est, en définitive, la plus grande erreur possible; on voit qu'elle reste au-dessous de la limite.

» Nous considérons les petites différences comme des différentielles; il est facile de s'assurer que cela est permis à cause de l'extrême petitesse de a et de l.

» Dans la réalité, les tubes capillaires ne sont pas régulièrement coniques, mais il suffit que le sens de la conicité ne change pas: on trouve facilement des tubes de 1 mètre qui remplissent cette condition. La différence entre les longueurs consécutives d'une petite colonne n'est pas toujours quatre fois moindre quand la colonne se réduit à moitié, comme dans un tube régulièrement conique, mais elle est en général deux ou trois fois moindre, et cela suffit pour ne pas dépasser la limite de l'erreur. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Expériences sur la fertilisation des terres par les sels ammoniacaux, les nitrates et d'autres composés azotés*; par M. F. Kuhlmann. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Pelouze, Boussingault, Payen.)

« Occupé depuis quelques années d'essais de culture, j'ai fait de nombreuses expériences pour m'assurer jusqu'à quel point l'agriculture peut trouver dans les produits ammoniacaux des auxiliaires utiles et économiques.

» Mes essais de 1841 et 1842 m'avaient donné la conviction de la haute efficacité de ces sels pour activer la végétation, et je supposais que les faits observés étaient tellement conformes aux opinions des chimistes, que leur publication ne me paraissait pas d'un intérêt assez grand pour la science; ils ne faisaient, en effet, que confirmer l'application des principes posés dans le travail de MM. Boussingault et Payen, inséré dans le troisième volume des *Annales de Chimie* (troisième série), en ce qui concerne les engrais, et appuyer l'opinion de l'influence des sels ammoniacaux répandus dans l'air d'après une des propositions énoncées par M. Boussingault, à la fin de son Mémoire sur l'absorption de l'azote de l'air par les plantes (*Annales de Chimie,* t. LXIX, page 353, année 1838), proposition qui, par suite des observations de M. Liebig sur l'existence de l'ammoniaque ou des sels ammoniacaux dans l'air, ne pouvait plus laisser beaucoup de doute dans l'esprit des chimistes.

» Telle était pour moi la situation de la question, lorsque, dans sa séance du 30 janvier 1843, M. Bouchardat a communiqué à l'Académie des Sciences un Mémoire sur l'influence des composés ammoniacaux sur la végétation, dans lequel l'auteur arrive aux conclusions ci-après :

» 1°. Les dissolutions des sels ammoniacaux suivants : sesquicarbonate, bicarbonate, hydrochlorate, nitrate, sulfate d'ammoniaque, ne fournissent pas aux végétaux l'azote qu'ils s'assimilent;

» 2°. Lorsque ces dissolutions à $\frac{1}{1000}$ sont absorbées par les racines des plantes, elles agissent toutes comme des poisons énergiques.

» Ces conclusions, si peu d'accord avec les faits qui s'étaient produits sous mes yeux, avec des résultats d'expériences deux fois reproduites et sur une grande échelle, m'engagèrent à renouveler mes essais en 1843, et comme les conclusions si positives auxquelles est arrivé M. Bouchardat pourraient avoir pour résultat de faire abandonner toute expérimentation ultérieure sur l'action des sels ammoniacaux dans la fertilisation des terres, je me suis décidé à présenter à l'Académie le résumé de mes nouvelles observations, qui ne font que confirmer mes résultats antérieurs et me paraissent de nature à faire cesser toute incertitude.

» Il m'a paru, du reste, qu'on ne saurait recueillir avec trop de soins des faits bien observés, lorsqu'il s'agit d'asseoir sur des bases bien raisonnées les pratiques de l'agriculture. Ces observations, exigeant des années entières, ne peuvent pas être aussi facilement multipliées que celles qui concernent les autres branches des connaissances humaines. Mes essais ne se sont pas bornés à l'action des sels ammoniacaux, j'ai expérimenté l'action du nitrate de soude, j'ai comparé les résultats obtenus par ces divers sels employés comme engrais

à l'action d'une dissolution gélatineuse, à l'action de l'urine de cheval et à l'action de l'engrais flamand.

» J'ai choisi, pour faire mes expériences, une vaste prairie dont toute la surface était dans les mêmes conditions d'exposition et de fertilité.

» En prenant la production du foin pour exemple, j'ai cru me placer dans des conditions où les soins de culture ne pouvaient pas influencer les résultats. Chaque essai a eu lieu sur une surface de 3 ares, et de distance en distance, entre les bandes destinées aux essais, se trouvait une bande sans engrais pour permettre de bien apprécier les résultats produits. Les bandes étaient séparées l'une de l'autre par des rigoles.

» Tous les engrais ont été dissous ou délayés dans de l'eau, de manière à présenter chacun un volume de 975 litres ou 325 hectolitres par hectare. L'arrosement a eu lieu le 28 mars 1843, par un temps très-sec; le 30 mars il est survenu une pluie assez forte, et le temps est resté pluvieux jusqu'au 5 avril, de telle sorte que les engrais ont été bien uniformément répartis. L'année a été assez pluvieuse; la récolte a eu lieu le 30 juin; le tout a été fauché le même jour, et le temps a été favorable à la dessiccation; après quelques jours d'exposition à un soleil ardent, le foin récolté sur chaque bande a été pesé séparément avec les plus grands soins. Je présente sous forme de tableau les résultats de ces divers essais calculés par hectare de superficie; et comme la question, telle que je me la suis posée, comprend l'utilité de l'application des produits essayés d'après leur prix actuel en Flandre, j'ai complété le tableau par des chiffres qui permettent d'apprécier cette utilité pour les autres contrées.

Nos.	NATURE de l'engrais employé.	QUANTITE par hectare.	PRIX par 100 k. transportés sur les terres.	QUANT. de foin récolté sans addit. d'engr. par hectar.	QUANTITÉ de foin supplémentaire due à l'engrais.	PRIX du foin par 100 kil.	DÉPENSE.	RECETTE.	DIFFÉRENCE exprimant le bénéfice par + et la perte par —.
1.	Chlorhydrate d'ammoniaque.........	kil. 266	fr. 100	4000	1716	fr. 8	fr. c. 266,00	fr. c. 137,28	fr. c. — 128,72
2	Sulfate d'ammoniaq.	266	60	"	1233	"	159,60	98,64	— 60,96
3.	Nitrate de soude....	133	65	"	800	"	86,45	64,00	— 22,45
4.	Nitrate de soude...	266	65	"	1723	"	172,90	137,84	— 35,06
5.	Eau ammoniacale (*a*) des usines à gaz...	lit. 5400	1	"	2300	"	54,00	184,00	+ 130,00
6.	Dissolution gélatineuse des fabriques de noir animal (*b*).	21666	0,75	"	2493	"	162,49	199,44	+ 37,00
7.	Urine de cheval....	21666	0,75	"	2240	"	162,49	179,20	+ 17,20
8.	Engrais flamand (*c*).	21666	0,75	"	3433	"	162,49	274,64	+ 112,64

» (*a*). L'eau ammoniacale de l'usine à gaz de Lille, qui a servi à cet essai, marquait 4 degrés à l'aréomètre ; avant d'être répandue sur les terres, l'ammoniaque contenue dans ce liquide a été convertie en chlorhydrate par le mélange du liquide ammoniacal avec le double de son volume d'eau acide, provenant de l'acidification des os dans la fabrication de la gélatine. Ce résidu n'avait pas été jusqu'alors utilisé dans mes usines.

» Le phosphate de chaux résultant de la décomposition est resté mêlé au liquide répandu sur les terres, mais son influence immédiate a dû être peu considérable, car un essai fait dans les mêmes circonstances, en décomposant la même quantité de dissolution acide de phosphate de chaux, au moyen d'un léger excès de chaux, mais sans addition d'ammoniaque, n'a donné aucun résultat appréciable. Sans nier l'influence de ce phosphate comme engrais ou amendement, j'ai la conviction que son action ne peut s'exercer que très-lentement.

» (*b*). Liquide obtenu par l'ébullition dans l'eau à laquelle je soumets les os de cuisine pour en extraire la graisse. L'eau gélatineuse qui reste après la

séparation du suif d'os contient 2 et $\frac{1}{2}$ pour 100 de gélatine impure et un peu altérée.

» (c). L'engrais flamand employé consistait en urine et matières fécales pures. Il était moins aqueux que celui livré habituellement au cultivateur. La vente de ce produit ayant lieu au profit des domestiques, ces derniers ont soin d'y joindre toutes les eaux ménagères; aussi remarque-t-on des différences fort considérables dans l'action fertilisante de cet engrais (1).

» Le tableau qui précède permet d'établir les rapports suivants :

	AZOTE par 100 d'engrais.	QUANTITÉ supplémentaire de foin obtenu d'une première récolte.	QUANTITÉ de foin par 100 d'azote contenu dans l'engrais.	QUANTITÉ de foin contenant 100 d'azote, d'après M. Boussingault.
Chlorhydrate d'ammoniaque.	26,439	645	24,395	10,000
Sulfate d'ammoniaque......	21,375	463	21,660	"
Nitrate de soude..........	16,577	647	40,056	"
Gélatine sèche d'après l'essai n° 6....................	16,980	414	24,355	"

» Les essais dont le détail se trouve consigné sur les deux tableaux qui précèdent donnent lieu aux déductions suivantes :

Point de vue théorique.

» 1°. Les sels ammoniacaux directement employés comme engrais agissent comme les engrais azotés habituels; la quantité de produits récoltés est assez en rapport avec la quantité d'azote que les divers sels contiennent.

» 2°. Le nitrate de soude employé comme engrais donne lieu à des résultats analogues; l'azote du nitrate de soude paraît même plus facilement assimilé que celui des sels ammoniacaux, si l'on ne veut pas faire intervenir l'action

(1) Peu de jours après que les engrais eurent été répandus, on pouvait déjà apercevoir leur action sur la végétation : les bandes chargées d'engrais étaient d'un vert beaucoup plus foncé. Les résultats étaient surtout remarquables pour les nos 5, 6 et 8.

Pour les nos 1, 2, 3 et 4, le foin est parvenu à parfaite maturité; pour les numéros suivants et surtout pour les nos 6 et 8, l'herbe était moins mûre, mais il convenait cependant de faucher, parce que, très-serrée, elle commençait à s'étioler au pied et se serait promptement altérée.

de la soude du nitrate comme ayant concouru au développement de la végétation (1).

» 3°. L'importance de la récolte a été, dans mes essais, dans un rapport direct avec les quantités du nitrate de soude employé;

» 4°. La dissolution gélatineuse employée comme engrais a eu une énergie d'action qui, comparée à celle du chlorhydrate d'ammoniaque, est en rapport avec les quantités d'azote qui contiennent les deux corps;

» 5°. M. Liebig, dans sa Chimie appliquée à l'Agriculture, en partant de la supposition que 1 kilogramme d'eau de pluie ne contient que $\frac{1}{4}$ de décigramme d'ammoniaque, arrive à établir qu'un arpent de terre (2 500 mètres carrés) reçoit annuellement plus de 40 kilogrammes d'ammoniaque, et par conséquent $33^{kil},8$ d'azote pur, quantité plus considérable que celle nécessaire pour former 1 325 kilogrammes de blé, 1 400 kilogrammes de foin et 10 000 kilogrammes de betteraves.

» On ne saurait conclure de cet argument, que dans toutes les circonstances l'air atmosphérique fournit aux plantes la quantité d'azote nécessaire à leur développement.

» Mes expériences démontrent que si cette quantité d'azote existe effectivement dans l'eau de pluie, dans un état où il est assimilable par les plantes, une quantité supplémentaire doit être fournie par des engrais azotés pour donner lieu à une végétation vigoureuse.

» Ils démontrent aussi que cet engrais azoté n'intervient pas seulement en fournissant son azote aux plantes, mais encore en donnant à la plante la force assimilatrice nécessaire pour s'emparer d'une plus grande quantité d'azote de l'atmosphère (2). Ils démontrent que la force assimilatrice des plantes croît avec la quantité d'azote qu'on lui fournit : et cette opinion dans mon esprit ne s'applique pas seulement à l'assimilation de l'azote, mais aussi, et au même degré, à l'assimilation des sels alcalins, des phosphates, enfin de

(1) Un essai fait, dans les mêmes circonstances, avec des quantités de sulfate de soude sec égales à celles du nitrate de soude, n'a donné aucun résultat. La végétation n'était pas plus active que sans l'emploi de ce sel, mais il est possible que la soude provenant de la décomposition du nitrate de soude, et pouvant former des sels de soude à acide organique, agisse différemment que la soude engagée dans une combinaison aussi stable que le sulfate de soude.

(2) Pour 100 parties d'azote fourni par l'engrais, et représentant, d'après une analyse de M. Boussingault, 10 000 kilogrammes de foin, il s'est produit dans mes essais 21, 24 et même 40 000 kilogrammes de foin; il a donc été fourni par l'atmosphère, sans doute aussi à l'état d'ammoniaque, une quantité d'azote plus considérable que celle fournie par l'engrais.

toutes les substances minérales qui sont indispensables à une bonne végétation, et surtout à la fructification.

» Il existe donc une solidarité entre les deux agents qui, pris isolément, ne peuvent donner que des résultats incomplets.

» Mais il est un autre point de vue sous lequel il convient d'envisager l'intervention des sels ammoniacaux, et qui ne me paraît pas encore avoir fixé l'attention des chimistes.

» Dans un travail sur les efflorescences des murailles, publié en 1829 (1), j'ai été conduit à constater l'existence d'une certaine quantité de carbonate de potasse ou de soude dans toutes les craies et ensuite dans presque toutes les matières minérales. Ces observations, qui m'ont conduit à émettre une opinion sur l'intervention de la potasse dans la formation par la voie humide de la plupart des roches, peuvent servir à justifier l'existence des alcalis des plantes, même de celles qui croissent dans des terrains entièrement crayeux. Néanmoins il est difficile d'admettre que la potasse ou la soude qui se trouve dans les plantes à l'état de sels à acide organique, soit toujours livrée aux végétaux à l'état de carbonate ou de silicate soluble; c'est le plus souvent à l'état de sulfate et à l'état de chlorure. Personne ne saurait contester, par exemple, que les plantes marines ne reçoivent la plus grande partie de leur soude à l'état de chlorure. Or, il est différentes manières d'expliquer les réactions par lesquelles les sels à acide organique se forment par le déplacement de l'acide minéral bien plus puissant. L'acide oxalique qui se forme par l'acte de la végétation, et qui donne un sel de chaux insoluble, peut très-bien expliquer la décomposition du chlorure de calcium ou de sulfate de chaux aspiré par les racines à l'état de dissolution; mais les sels à base de potasse ou de soude qui se forment dans les végétaux étant tous solubles, les mêmes réactions ne peuvent intervenir.

» Le phosphate de chaux, comme celui de magnésie, peut être aspiré par les plantes à l'état de dissolution dans l'eau chargée d'acide carbonique ou de bicarbonates alcalins (2), ou il peut être le résultat d'une double décomposition dans les plantes par l'aspiration simultanée des sels solubles de chaux et de magnésie et de phosphate de potasse de soude ou d'ammoniaque en présence de ces bicarbonates alcalins. L'existence du phosphate et du soufre dans les tissus organiques s'explique, au besoin, par la décomposition des sul-

---

(1) *Annalen der Pharmacie*, vol. XXIX; *Abhandlung über die salpeter bildung*.

(2) J'ai constaté, par des expériences directes, que les phosphates de chaux et de magnésie sont un peu solubles dans l'eau, à la faveur de l'acide carbonique et des bicarbonates alcalins.

fates et des phosphates, sous l'influence désoxygénante de la fermentation putride des engrais.

» Mais comment les chlorures alcalins parviennent-ils à donner leur base à des acides organiques?

» J'ai tout lieu de penser que, dans cette transformation, le carbonate d'ammoniaque, résultat habituel de la décomposition des engrais azotés, ou le carbonate d'ammoniaque, résultat du contact du chlorhydrate d'ammoniaque et du sulfate d'ammoniaque avec la craie sous l'influence du soleil, agit sur les chlorures de sodium et de potassium, les transforme en chlorhydrate d'ammoniaque et en carbonates de soude et de potasse susceptibles d'être saturés par les acides organiques. Ces décompositions ne peuvent se faire que sous l'influence de l'humidité et d'une réaction basique de la terre, et cette dernière condition fait comprendre toute l'efficacité de maintenir toujours les terres à l'état alcalin par des additions de chaux, de cendres, etc., etc.

» Les sels ammoniacaux joueraient donc, dans l'appropriation des aliments alcalins par les végétaux, le même rôle que j'ai assigné à ces sels dans la nitrification lorsqu'il s'agit du transport de l'acide nitrique sur la chaux et la magnésie.

» Ayant constaté la présence du carbonate et du nitrate d'ammoniaque dans la lessive des salpétriers, j'ai été conduit à admettre que les carbonates calcaires et magnésiens qui font partie des terres susceptibles de nitrification échangent leur acide avec le nitrate ammoniacal, qui est ainsi ramené à l'état de carbonate. Toutes ces échanges d'acide se produisent ainsi sous l'influence d'une réaction alcaline et sous l'influence du soleil.

» Pour me résumer, je pense que, dans la végétation comme dans l'acte de la nitrification, le sel ammoniacal n'intervient pas seulement en fournissant son azote à la formation nouvelle soit de l'acide nitrique, soit du principe azoté des plantes, mais qu'il intervient encore comme moyen de transport ou de décomposition, tantôt sous l'influence du soleil, tantôt sous l'influence de l'eau, et qu'ainsi il concourt puissamment à la fertilisation des terres, tant par l'azote qu'il fournit aux plantes que par la potasse ou la soude du chlorure, qu'il dispose, à l'assimilation par les plantes, à l'état de sel à acide organique.

» Je ne m'arrêterai pas davantage à ces considérations, elles reposent sur des conjectures que j'abandonne à l'appréciation des chimistes.

» Si l'on vient à comparer mes résultats à ceux qui ont porté M. Bouchardat à formuler des conclusions si contraires aux miennes, on sera conduit, je pense, à admettre que M. Bouchardat, en plongeant dans des bocaux contenant des dissolutions affaiblies à $\frac{1}{1000}$ ou $\frac{1}{1500}$ de sel ammoniacal, des

branches de différents végétaux, n'a pas fourni ces sels à la végétation dans les conditions ordinaires; qu'il a jeté dans la circulation de ces plantes des quantités trop considérables de sels ammoniacaux non décomposés. M. Bouchardat constate cependant que des plants de chou placés chacun dans une caisse renfermant du terreau mêlé de bonne terre de jardin, ayant été arrosés par des dissolutions affaiblies de sels ammoniacaux, ne sont pas morts.

» M. Bouchardat, pour expliquer ces résultats si différents des premiers, dit que, dans la dernière expérience, les sels ammoniacaux n'ont pas été absorbés, qu'ils ont été retenus par le terreau.

» Toutefois, le travail de M. Bouchardat ne m'étant connu que par l'extrait d'une Note de l'auteur inséré au *Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences,* tome XVI, page 322, et ce travail ayant été renvoyé à l'examen d'une Commission, j'attendrai le Rapport de cette Commission pour fixer mon opinion d'une manière définitive sur les causes de la grande différence qui existe entre les résultats de M. Bouchardat et les miens.

Point de vue pratique.

» Si nous abordons la question industrielle et commerciale, nous devons reconnaître que dans les conditions actuelles du prix des sels ammoniacaux et du nitrate de soude en France, si l'on ne tient compte que d'une seule récolte, et lorsqu'il s'agit de la fertilisation des prairies, il y a une perte de plus d'un tiers du montant de la dépense. Il faudrait donc, pour qu'il n'y eût pas de perte, lorsqu'il s'agit de cette culture, que tout au plus les deux tiers de l'action fertilisante fussent épuisés, et qu'au moins un tiers fût produit par le regain ou les coupes de l'année suivante.

» On admet généralement, en Flandre, que la deuxième année il reste dans les terres moitié de la fumure lorsqu'on se sert de fumier d'étable. Quant à l'engrais flamand, on a remarqué que son action fertilisante est presque entièrement épuisée dès la première année; ce dernier résultat s'explique si l'on considère que dans l'engrais flamand la plus grande partie des principes fertilisants se volatilise, et cette circonstance m'a fait recommander à nos cultivateurs d'ajouter à cet engrais, avant de le répandre sur les champs, du plâtre en poudre ou des sels qui, par leur décomposition, sont susceptibles de donner plus de fixité au sel ammoniacal. C'est une pratique dont j'ai constaté toute l'utilité.

» Cette grande volatilité du principe fécondant n'existe pas dans l'emploi du sulfate et du chlorhydrate d'ammoniaque, bien que la décomposition de

ces sels doive avoir lieu à la longue par la craie qui fait partie de la terre végétale.

» Il est donc permis d'admettre qu'au prix actuel du sulfate d'ammoniaque on peut, en faisant emploi de cette matière comme engrais, même lorsqu'il s'agit de la culture des prairies, retrouver dans l'augmentation des récoltes l'équivalent de la somme dépensée; à bien plus forte raison la dépense serait-elle couverte lorsqu'on appliquera cette méthode de fumure à la culture des lins, des tabacs, du colza, etc., etc.

» D'un autre côté, il ne faut pas perdre de vue que du moment où les sels ammoniacaux auront trouvé des débouchés assurés dans l'agriculture, ils seront recueillis en plus grande quantité et leur prix pourra considérablement fléchir.

» Lorsque l'heureuse influence des produits ammoniacaux aura été appréciée par l'agriculture, ce n'est pas à l'état de sels purifiés que ces produits lui seront livrés, mais à l'état du produit brut de la distillation des matières azotées; et, pour rendre ces produits moins volatils et éviter ainsi des pertes considérables qui se produisent dans l'emploi des engrais en général, on opérera la décomposition du carbonate d'ammoniaque par des matières de peu de valeur, par du plâtre, par des magmas d'alun, etc., etc. Depuis trois années, je fais l'application de cette méthode à plusieurs hectares de prairies; je décompose les produits ammoniacaux résultant de la distillation de la houille dans les établissements où se fabriquent les gaz, par les eaux acides provenant de l'acidification des os, et j'obtiens ainsi une dissolution économique de sel ammoniacal, qui me permet d'obtenir jusqu'à trois et même quatre coupes d'herbes en une année (1), et avec une dépense qui est infiniment moins considérable que celle que nécessiterait tout autre engrais pour arriver au même résultat. C'est là une application que je signale à l'attention des agriculteurs, des fabricants de produits chimiques et des directeurs d'usines à gaz.

» On verra, d'après les résultats obtenus par le n° 5 du tableau qui précède, que de tous les essais faits, c'est celui qui a donné les résultats les plus remarquables. En comparant la dépense à la recette, on arrive au rapport de 100 à 340 lorsque l'engrais flamand, qui est sans contredit l'engrais le plus

---

(1) Pour arriver à ce dernier résultat, il convient de faucher avant la floraison : le foin récolté n'est pas aussi nourrissant; il était donné en vert aux chevaux et aux vaches.

avantageux lorsqu'il est pur, n'a donné qu'un bénéfice de 69,32 pour 100 de la somme dépensée.

» Un pareil résultat est d'autant plus remarquable, qu'il est produit par une seule récolte lorsque l'influence de l'engrais en question se manifeste d'une manière très-visible pendant plusieurs années, et surtout qu'il est produit par une culture qui admet le moins facilement l'emploi d'une fumure dispendieuse.

» Enfin, les résultats ne sont pas sans intérêt à ce point de vue, que si le nitrate de soude, dont l'emploi a été fait avec succès en Angleterre, ne peut pas, au prix actuel de ce produit en France, constituer un engrais profitable, on ne le peut du moins que dans de rares circonstances; ce produit pourra devenir d'un usage général dans les contrées où les engrais sont rares et les voies de communication difficiles le jour où le Gouvernement, dans l'intérêt de ces localités, supprimera les droits qui frappent le nitrate de soude à son entrée en France et qui s'élèvent à 16f. 50cent. par kilogramme (1).

» Aujourd'hui que la fabrication de salpêtre est à peu près abandonnée en France, par suite de la faculté accordée aux salpétriers de se borner à transformer en nitrate de potasse le nitrate de soude du Chili, et que le Gouvernement s'approvisionne lui-même en grande partie du salpêtre de l'Inde, cette suppression du droit d'entrée sur le nitrate de soude ne saurait contrarier aucune industrie existante. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur quelques expériences relatives à l'emploi de l'engrais liquide et des sels ammoniacaux, pour fertiliser diverses cultures; et sur la compression de champs de froment et de prés avec le rouleau des chaussées; par* M. SCHATTENMANN. (Extrait.)

(Commissaires, MM. Pelouze, Boussingault, Payen.)

« J'ai restreint mes expériences de cette année : 1° à rechercher quelle doit être la force des dissolutions de sels ammoniacaux; 2° à trouver la quantité convenable de cette dissolution pour fertiliser diverses cultures.

» Ces expériences, faites pendant les mois d'avril et de mai derniers, ont produit des résultats assez remarquables.

---

(1) Dans l'essai n° 4, s'il avait été fait usage de nitrate affranchi de droits, au lieu d'une perte de 43f. 89cent., il y eût eu un bénéfice de 8f. 83cent. dès la première récolte de foin.

» J'ai préparé des dissolutions : 1° de sulfate d'ammoniaque; 2° de chlorhydrate d'ammoniaque; 3° de phosphate d'ammoniaque, de 1 et de 2 degrés de force d'après l'aréomètre de Baumé. Ces dissolutions, versées sur des prés, des champs de froment, d'orge et d'avoine, à raison de 2, 4 et 6 litres par mètre carré, ont produit en quinze jours de temps et même avant, une végétation d'autant plus active que la dissolution qu'on y avait versée était plus forte en degrés ou en quantité. J'ai cru devoir, après plusieurs essais, m'arrêter à la dissolution de 1 degré de force et à la quantité de 2 litres par mètre carré, comme étant suffisante pour fertiliser les champs et les prés et pour donner une végétation vigoureuse d'un vert foncé.

» Le sulfate et le phosphate d'ammoniaque ont produit à peu près le même effet; mais l'action de l'hydrochlorate d'ammoniaque m'a paru être plus forte.

» J'ai employé simultanément les eaux d'une fosse d'aisance à 1 degré, saturées par le sulfate de fer ou l'acide sulfurique, et j'en ai obtenu des effets analogues à ceux des dissolutions d'autres sels ammoniacaux.

» Les eaux de fosses à fumier, saturées de 1 degré, ont produit peu d'action et il convient de les employer à 2 degrés de force, parce qu'elles contiennent moins de sels ammoniacaux et des matières en dissolution, qui empêchent de constater exactement par l'aréomètre la quantité de sels qu'elles renferment. J'ai arrosé des choux, des épinards, des salades et d'autres plantes potagères, avec des dissolutions de sels ammoniacaux et des eaux de fosses d'aisance de 1 degré, et elles ont parfaitement prospéré, en les y portant lorsque ces plantes étaient en pleine végétation; mais ces plantes nouvellement repiquées, arrosées de la même manière, ont dépéri visiblement. J'en conclus qu'il importe de porter les dissolutions de sels ammoniacaux sur les plantes lorsqu'elles sont en pleine végétation, d'autant plus qu'on s'exposerait à en perdre une grande partie par les pluies et les décompositions qui pourraient avoir lieu par l'action des terres ou par d'autres causes, si l'on répandait ces lessives pendant la saison morte. D'ailleurs le printemps est une époque très-favorable pour l'emploi de ces engrais liquides, parce que les champs et les prés sont facilement abordables et que les travaux de la culture sont terminés.

» J'ai répété fréquemment l'emploi de dissolutions ammoniacales, même en fortes doses, sur la luzerne et sur le trèfle, sans avoir pu produire le moindre effet appréciable. C'est une exception radicale, mais la seule que j'aie rencontrée dans mes expériences.

» L'emploi de dissolutions de sels ammoniacaux sur les prés a donné des

produits avantageux. J'ai récolté sur la partie d'une prairie haute et sèche, d'un terrain léger, composé de sable mêlé d'un peu d'argile, arrosée le 12 mai avec 2 litres de sulfate d'ammoniaque, de 1 degré par mètre carré, 89 kilogrammes de foin par are, tandis qu'à côté, l'are n'en a donné que 51 kilogrammes. Une petite place en gazon de 6 mètres carrés, dans mon jardin, arrosée avec 24 litres d'eau de fosses d'aisance saturée, a donné 6 kilogrammes de foin, soit 100 kilogrammes par are; une place de pareille contenance, qui se trouve à côté, non arrosée, n'en a produit que 2 $\frac{1}{2}$, soit 41$^{\text{kilog.}}$,6 par are. 40 ares d'une prairie haute, d'un terrain argileux calcaire, arrosés le 28 juillet dernier, avec 2 litres par mètre carré d'eau de fosses à fumier, saturée avec l'hydrochlorate de chaux, de 2 degrés de force, ont été récoltés fin août, et ont donné 1 810 kilogrammes de regain, c'est-à-dire 45 kilogrammes par are; le même pré, non arrosé, n'a donné que 22 kilogrammes par are. 2 litres d'une dissolution de sels ammoniacaux de 1 degré ou d'eau de fosses à fumier de 2 degrés, par mètre carré, me paraissent être une dose convenable pour les prés, et j'en ferai l'application en grand l'année prochaine. Je pense qu'il convient de porter cette dissolution sur les prés dès que la végétation devient active, quoique les emplois que j'en ai fait au commencement de mai, aient assez bien réussi; mais cette année a été très-pluvieuse, et il n'y a d'ailleurs aucune raison pour ne pas répandre cet engrais dès que la végétation se développe.

» Les sels ammoniacaux paraissent exercer sur le froment une influence plus sensible que sur les herbes, car huit jours après leur emploi, cette plante prend une nuance verte très-foncée, signe certain d'une grande vigueur de végétation. Je dois croire que la dose de 2 litres à 1 degré par mètre carré est trop forte, puisqu'elle a provoqué une végétation trop vigoureuse et qui a produit moins de grains et plus de paille que les parties non arrosées, car il est généralement reconnu qu'un champ trop fumé produit plus de paille et moins de froment qu'un terrain qui l'est dans une proportion convenable.

» Mes expériences sur un champ de froment en bon état, dans un terrain de lias, composé d'argile et de calcaire, ont donné les résultats ci-après indiqués.

1 are arrosé avec 2 litres d'hydrochlorate d'ammoniaque de 1 degré par mètre carré, a donné	28^{k},1 de from.,	79^{k},4 de paille. Total. .	107^{k},5
4 ares arrosés avec 4 et 6 litres d'une dissolution du même sel de 1 degré, et avec 2 et 4 litres de 2 degrés par mètre carré, ont donné, en moyenne, par are. . . .	21^{k},7	78^{k},3	90^{k}
1 are arrosé avec 2 litres de phosphate d'ammoniaque de 1 degré par mètre carré, a donné..	27^{k},4	77^{k},6	105^{k}
4 ares arrosés avec 4 et 6 litres de phosphate d'ammoniaque de 1 degré, et 2 et 4 litres de 2 degrés par mètre carré, ont donné, en moyenne, par are.	24^{k},4	83^{k},1	107^{k},5
1 are, arrosé avec 2 litres de sulfate d'ammoniaque de 1 degré par mètre carré, a donné.	29^{k},0	76^{k},0	105^{k}
4 ares, arrosés avec 4 et 6 litres de sulfate d'ammoniaque de 1 degré, et 2 et 4 litres de 2 degrés par mètre carré, ont donné, en moyenne, par are.	22^{k},3	80^{k},2	102^{k},5
1 are non arrosé a donné.	29^{k},2	70^{k},8	100^{k}

» La végétation des parties arrosées avec des lessives trop fortes ou en trop grande quantité était si forte, que le froment s'est couché avant de pousser des tiges.

» Ces résultats indiquent que le froment arrosé avec des dissolutions de sels ammoniacaux de 2 degrés ou de 1 degré en quantité trop forte ont fourni le moindre produit en grains et en paille, et que les parties arrosées seulement de 2 litres de 1 degré ont donné une végétation encore trop forte, qui, à la vérité, a produit plus de paille, mais moins de grains que la partie non arrosée du même champ. Il faut naturellement en conclure qu'une moindre dose de sels ammoniacaux eût fourni des produits plus avantageux. Je continuerai mes expériences plus en grand l'année prochaine, et je ne craindrai pas de porter un litre de dissolution de sels ammoniacaux de 1 degré sur mes champs de froment, et même 1 $\frac{1}{2}$ litre et jusqu'à 2 litres sur des terrains maigres, surtout dans une année sèche, car les pluies fréquentes de cette année ont donné une force extraordinaire à la végétation.

» La végétation des orges et des avoines, plantés dans un bon terrain que j'ai arrosé avec une dissolution de sels ammoniacaux, a été si active, que, ne pouvant espérer que ces plantes arrivassent à maturité, j'ai dû les couper vertes; mais l'action des sels ammoniacaux exercée sur elles est certaine.

» 2 kilogrammes de sulfate et d'hydrochlorate d'ammoniaque cristallisés suffisant pour saturer 100 litres d'eau, l'hectolitre de cette dissolution coûterait donc 1f 20 cent. au prix commercial de 60 centimes le kilogramme de ces sels. En employant 2 litres par mètre carré de cette dissolution, il en faudrait 200 hectolitres pour fertiliser 1 hectare de pré, ce qui en porterait la dépense à 240 francs. Elle ne serait que de moitié, soit de 120 francs pour un hectare de froment, si, comme cela est probable, 1 litre par mètre carré était suffisant.

» Les sels ammoniacaux étant très-solubles, on peut facilement les dissoudre à froid au lieu même de leur emploi, s'il y a de l'eau.

» Les urines, les eaux de fosses à fumier et les eaux des usines à gaz pour l'éclairage, en les saturant avec de l'acide sulfurique, ou avec du sulfate de fer, ou avec de l'acide hydrochlorique, fournissent des eaux ammoniacales à très-bon marché, qui pourront être utilisées avec beaucoup d'avantage, et qui se perdent, en grande partie, aujourd'hui (1).

» L'engrais liquide offre l'avantage de pouvoir en régler la force et l'emploi en dose convenable en temps opportun pour fertiliser la culture d'une seule année. On est ainsi maître de le distribuer dans une juste mesure, et on ne s'expose pas aux pertes qui résultent de l'emploi de l'engrais pour plusieurs années d'après les pratiques actuelles.

» 400 kilogrammes de sulfate ou d'hydrochlorate d'ammoniaque suffisent pour fumer 1 hectare de prés. Ces sels pourront être transportés dans les lieux les plus éloignés où les fumiers manquent, sans augmenter la dépense d'une manière sensible.

---

(1) En saturant l'ammoniaque des eaux de fosses à fumier ou d'aisance, après les avoir laissé fermenter pendant deux mois, avec du sulfate de fer ou un acide, il importe que le principe alcalin reste prédominant, afin de ne pas endommager les plantes. Il est facile de constater cette saturation en usant du papier bleu et jaune d'une couleur végétale. Pour reconnaître l'excès du sulfate de fer, il suffit de prendre une goutte de l'eau saturée et d'y porter un peu d'une dissolution faible de prussiate de potasse; cet excès de sulfate de fer se manifeste alors immédiatement en se convertissant en bleu de Prusse.

Un tube d'arrosage de $1^m,66$ de longueur, de $0^m,08$ de diamètre, en tôle de zinc perforé d'ouvertures de $0^m,002$ de diamètre, espacées de $0^m,02$, répand assez également 2 litres par mètre carré, lorsque le tonneau est conduit au pas par un cheval. Lorsqu'on est dans le cas d'employer moins de 2 litres par mètre carré, il convient d'étendre d'eau l'engrais liquide, cette quantité étant nécessaire pour le répandre uniformément.

Lorsque les eaux de fumier ou de fosses d'aisance sont trop épaisses pour passer par le tube d'arrosage, on les filtre par une cuve dans laquelle on met 40 centimètres de paille entre deux faux fonds.

» Les engrais augmentant considérablement les récoltes, il est toujours utile d'en acheter lorsqu'on peut se les procurer à un prix inférieur à la valeur des excédants de produits qu'ils procurent. Il y a lieu d'espérer que les sels ammoniacaux pourront, en grande partie, suppléer à l'insuffisance des engrais et accroître les produits de l'agriculture.

» J'ai remis à M. Boussingault des échantillons des foins et des froments arrosés avec des dissolutions de sels ammoniacaux, puisqu'il veut bien les soumettre à une analyse. Ce travail sera d'une grande utilité, et jettera de nouvelles lumières sur une matière qui intéresse l'agriculture à un si haut degré.

Compression d'un champ de froment avec le rouleau des chaussées.

» Les agronomes admettent généralement qu'un terrain meuble est favorable à la végétation du froment, et ils recommandent même de donner un coup de herse au printemps pour ameublir le terrain, afin de favoriser l'action de l'air et du soleil.

» Dans une expérience que j'ai faite, j'ai pris mon point de départ d'un principe tout opposé et qui est fondé sur un fait pratique. On aime à promener les troupeaux de mouton sur le froment levé en octobre et en novembre, afin de tasser la terre. Le passage de ces troupeaux fait disparaître toute trace de végétation; néanmoins les champs de froment ainsi traités sont au printemps les plus beaux et produisent les plus belles récoltes. Il ne faut pas confondre ce passage du troupeau avec le parcage qui engraisse les champs, car le simple passage des moutons n'y dépose qu'une partie insignifiante d'engrais qui, d'ailleurs, ne pourrait agir que sur les plans où il tombe, et les champs ainsi foulés présentent une végétation uniforme vigoureuse.

» Au mois d'octobre 1842, j'ai fait passer mon rouleau compresseur de $1^{m},30$ de longueur et de $1^{m},30$ de diamètre, du poids de 3 100 kilogrammes, une seule fois, sur un champ de froment de 230 ares. Le froment était levé, et la compression a été uniforme et complète. Dans cette opération, j'ai eu en vue de comprimer le sol, pour empêcher qu'il ne contracte trop d'humidité et qu'il ne s'y arrête même de l'eau, dont la congélation doit nécessairement endommager de jeunes plantes. J'ai de plus pensé que la compression du terrain, laquelle paraît particulièrement favorable au froment, conserverait mieux l'humidité pendant la belle saison, et que les racines, mieux affermies dans le sol, pousseraient des tiges plus vigoureuses. Mes prévisions se sont réalisées au delà de mon attente; le champ est demeuré uniformément garni, la plante s'est bien développée au printemps, et est restée constamment belle jusqu'à la récolte. Tous les cultivateurs des environs l'ont remarqué et en ont été étonnés.

» Les 230 ares de froment comprimés par le rouleau sont un terrain léger, sablonneux, mêlé d'un peu d'argile, peu favorable à la culture du froment, qui aime la terre forte, et avait été planté l'année précédente, en partie en froment, en partie en avoine. J'ai donc agi contre les règles ordinaires de l'assolement, en y semant du froment; mais j'ai pensé pouvoir compenser ce désavantage en fumant le champ.

» J'ai récolté sur ces 230 ares de froment :

» 7 750 litres de froment, pesant 5 632 kilogrammes, et 12 202 kilogrammes de paille : total, 17 834 kilogrammes; soit par hectare, 3 366 litres de froment, pesant 2 448 kilogrammes et 5 305 kilogrammes de paille : total, 7 753 kilogrammes.

» Ce produit est très-satisfaisant pour un terrain léger de médiocre qualité. Par un malentendu, mon champ a été entièrement cylindré, et je n'ai ainsi pas pu constater la différence du produit des parties cylindrées avec celles non cylindrées; mais à en juger des récoltes de mes voisins, je dois admettre que la compression de mon champ en a augmenté le produit d'un quart.

» La compression du terrain a subsisté jusqu'à la récolte et j'ai été frappé de sa compacité lors du labourage. J'ai remarqué qu'une plante qui vient exclusivement sur les sentiers dont le terrain est foulé se trouvait sur mon champ, tandis que d'autres herbes y étaient peu abondantes, malgré les pluies fréquentes de cette année. J'ai cependant pu l'ameublir facilement et j'y ai planté de la navette et du colza, dont j'ai comprimé quelques parties avec le rouleau compresseur, lors de l'ensemencement. J'ai fait arroser avec des dissolutions de sels ammoniacaux quelques parties de cette plantation, et j'ai fait également cylindrer un champ de froment sur lequel j'ai laissé quelques parties non cylindrées. Je pourrai ainsi rendre compte, l'année prochaine, d'une manière plus positive des effets de la compression des champs ensemencés.

» Je me sers avec succès du rouleau des chaussées pour comprimer mes prés au printemps. Un seul passage suffit pour produire un tassement convenable, si utile à la végétation de l'herbe, et pour obtenir une surface plane, facile à faucher ras. »

ENTOMOLOGIE. — *Recherches et observations sur une nouvelle espèce d'hématozoaire,* Trypanosoma sanguinis; *par* M. GRUBY.

(Commissaires, MM. de Blainville, Flourens, Milne Edwards.)

« Les travaux des physiologistes modernes ont fait connaître l'existence de *parasites vivants* dans le sang des animaux, et nous en avons tout récem-

ment, M. Delafont et moi, mis sous les yeux de l'Académie un exemple très-remarquable. On sait que tous les hématozoaires signalés jusqu'à ce jour appartiennent au genre *Filaire;* il était donc intéressant pour la science, de savoir si le sang des animaux ne contient point d'entozoaires appartenant à d'autres genres, ainsi que cela a lieu pour ceux qui habitent leurs intestins, et si l'on doit attribuer leur existence dans le sang à un certain état physiologique, ou bien à un état pathologique quelconque.

» Pour arriver à résoudre cette question, j'ai fait de nombreuses recherches sur le sang des animaux, et j'ai découvert une nouvelle espèce d'hématozoaires, fort remarquable par ses formes et ses mouvements, qui se trouve dans le sang des grenouilles vivantes et adultes, pendant les mois du printemps et de l'été. Son corps allongé est aplati, transparent et tourné comme une tarière : sa partie céphalique est terminée en filaments minces et allongés; sa partie caudale se termine également en filaments pointus. La longueur de l'animal est de 40 à 80 millièmes de millimètre; sa largeur de 5 à 10 millièmes de millimètre; la partie céphalique filamenteuse, pointue, est douée de la plus grande mobilité; la longueur du filament céphalique est de 10 à 12 millièmes de millimètre; *son corps* est allongé, aplati et dentelé comme une lame de scie sur toute la longueur de l'un de ses bords; il est, comme je l'ai mentionné ci-dessus, lisse, et tourné ensuite deux à trois fois autour de son axe, comme une tarière ou un tire-bouchon; c'est pourquoi je propose de nommer cet hématozoaire *Trypanosome.*

» La locomotion du Trypanosome est très-remarquable : d'abord, on doit admirer la rapidité avec laquelle il remue chacune de ses parties pour produire le mouvement autour de son axe longitudinal, c'est-à-dire le mouvement de la tarière, et ensuite l'adresse qu'il met à éviter tous les obstacles qu'il rencontre dans sa marche : on peut compter quatre révolutions autour de son axe par seconde, ou quatorze mille quatre cents par heure.

» Lorsque cet animal est en repos, il se contracte de telle sorte, qu'il forme un cylindre compacte et lisse, dont l'un des bouts est arrondi et l'autre terminé en pinceau. Au premier abord, on croirait qu'il s'agit d'un animal d'une autre espèce, tant sa forme est changée; mais en l'observant dans le moment où il se contracte, on voit qu'il se place de manière que le bord lisse de son corps forme la surface et le bout arrondi du cylindre, tandis que les appendices se trouvent en partie enfermés et comprimés à l'intérieur du cylindre, et forment en outre, avec leurs pointes effilées, l'autre bout qui est en forme de pinceau.

» Les Trypanosomes du sang ne sont pas aussi communs que les Filaires.

Sur cent grenouilles, on en rencontre sur deux ou trois, et dans chaque goutte de sang il se trouve deux ou trois Trypanosomes. On les rencontre quelquefois dans le sang des grenouilles avec les Filaires, mais ces derniers sont toujours plus nombreux; les jeunes grenouilles n'ont point de Trypanosomes dans le sang : on les voit plus souvent dans le sang des femelles que dans celui des mâles.

» Ces observations, jointes à celles de MM. Valentin (1) et Gluge (2), mettent hors de doute l'existence de différentes espèces d'animalcules dans le sang des animaux à sang froid. Leur forme particulière, et les mouvements dont ils sont pourvus, prouvent que ce sont des animalcules propres au sang, et non des animalcules d'un tissu quelconque, entraînés par hasard dans le torrent de la circulation; et ce qui n'est pas une preuve moins concluante, c'est qu'on ne les rencontre jamais dans aucune substance solide de l'animal. Les organes des grenouilles dans lesquelles on les rencontre, examinés attentivement, ne présentent aucune lésion pathologique. Ces animaux n'offrent même aucun symptôme d'une maladie quelconque, et comme c'est ordinairement chez les adultes qu'on les trouve, il en résulte qu'on doit attribuer leur présence dans le sang à un état particulier, mais physiologique de ces animaux adultes. »

GÉOMÉTRIE. — *Démonstration de quelques théorèmes sur les surfaces orthogonales; par* M. Joseph Bertrand.

(Commissaires, MM. Poinsot, Lamé, Binet.)

« L'emploi des surfaces orthogonales a déjà conduit les géomètres à des résultats tellement importants, que les recherches destinées à faciliter leur étude me paraissent avoir une véritable utilité. J'ai cherché dans ce Mémoire à démontrer géométriquement les propriétés relatives aux courbures qui, comme l'a fait voir M. Lamé, peuvent servir à caractériser les différents systèmes de surfaces orthogonales.

» Les démonstrations que je propose reposent uniquement sur l'emploi géométrique des infiniment petits, et n'exigent pas d'autres connaissances préalables que le beau théorème de M. Dupin sur les intersections des surfaces orthogonales.

---

(1) Mullers *Archiv.*, année 1841, page 435. M. Valentin a découvert un hématozoaire particulier dans le sang d'un salmo, qu'il dit appartenir au genre *Amorba* Ehremberg.

(2) Mullers *Archiv.*, année 1842, page 148. M. Gluge a vu dans le cœur d'une grenouille un animalcule particulier avec trois appendices latéraux.

» Après avoir obtenu les résultats de M. Lamé sous la forme même qui leur avait été donnée par l'auteur, je montre comment il est possible d'en éliminer les divers rayons de courbure pour leur substituer les côtés des parallélipipèdes infiniment petits formés par les intersections des surfaces. On trouve ainsi la condition à laquelle doivent satisfaire des parallélipipèdes infiniment petits pour qu'on puisse les réunir de manière à ce que leurs faces forment des surfaces continues.

» Dans le cas particulier des cylindres orthogonaux, on trouve la loi suivant laquelle varient les côtés des rectangles dans lesquels un plan peut être divisé par deux séries de courbes planes orthogonales.

» La comparaison de ce dernier résultat avec une des formules de M. Lamé conduit à un théorème remarquable dont on n'avait pas donné jusqu'ici de preuves suffisantes.

» On sait que les surfaces développables ont pour propriété caractéristique de pouvoir être reproduites sur un plan, sans que les lignes qui y sont tracées et les aires renfermées dans ces lignes éprouvent d'altération. On connaît, pour d'autres surfaces, une infinité de manières de faire correspondre leurs points à ceux d'un plan, en satisfaisant à l'une ou à l'autre des deux conditions précédentes. Je ne crois pas qu'on ait encore démontré l'impossibilité de satisfaire à toutes deux à la fois; cette impossibilité, dans le cas des surfaces qui ne sont pas développables, résulte, comme je le fais voir, des formules de M. Lamé.

» J'ai considéré en particulier le cas où les surfaces orthogonales sont en même temps isothermes, c'est-à-dire, comme l'a fait voir M. Lamé, le cas des surfaces du second degré homofocales. En prenant pour point de départ un théorème démontré par moi dans un autre Mémoire, je suis parvenu à deux équations algébriques distinctes, entre les six rayons de courbure des surfaces en un même point. De ces deux équations on déduit sans peine un théorème déjà connu : *Le produit de trois des rayons de courbure est égal au produit des trois autres.* »

CHIMIE. — *Note sur l'acide iodique, libre et combiné; par* M. MILLON.

(Commissaires, MM. Thenard, Pelouze, Regnault.)

M. **J.-C. WERNER** soumet au jugement de l'Académie les premiers dessins d'un grand *Atlas anatomique* dont il prépare la publication.

Parmi les planches produites, les unes, déjà lithographiées, mais non encore publiées, ont rapport à l'anatomie de l'homme, et, dit M. *Flourens*, qui

présente ce travail, elles se recommandent, sinon par leur nouveauté, ce qui n'était guère possible dans le cadre que s'est tracé l'auteur, au moins par une très-grande exactitude. D'autres dessins, relatifs à l'anatomie des mammifères, semblent destinés à combler une lacune dans la science, et, par les détails myologiques qu'ils présentent, ils formeront en quelque sorte le complément du magnifique ouvrage de M. de Blainville sur l'ostéographie, ouvrage dont les figures sont toutes, comme on le sait, dues au crayon de M. Werner.

Cet ouvrage est renvoyé à l'examen d'une Commission composée de MM. de Blainville, Flourens, Serres, Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire.

M. Gondret adresse une Note ayant pour titre : « Propositions et faits à joindre au Mémoire sur la pression atmosphérique, lu à l'Académie le 9 mars 1840, et à un autre Mémoire présenté postérieurement concernant la flamme à petites dimensions. »

Le but principal de l'auteur est de prouver que, dans un certain nombre de cas où l'on a coutume de recourir aux émissions sanguines locales, on peut obtenir le même effet, et d'une manière beaucoup plus durable, au moyen de ventouses appliquées dans les régions convenables.

M. Bailleul, médecin en chef de l'hôpital de Bolbec, soumet au jugement de l'Académie des recherches sur le *lait bleu*. Cette altération du lait, que l'auteur a vue se présenter spécialement dans les arrondissements du Havre et d'Yvetot, occasionne chaque année de grandes pertes aux agriculteurs, et avait été déjà, de la part d'un pharmacien de Bolbec, M. Lesage, le sujet de recherches que la mort de cet observateur vint interrompre. Indépendamment du point de vue économique, le fait qui a été l'objet des études successives de MM. Lesage et Bailleul présente des circonstances qui le rendent très-digne de fixer l'attention des savants. On sait, en effet, que quelquefois, parmi les vaches d'une même étable, les unes ne présentent dans leur lait rien de remarquable, tandis que les autres donnent du lait bleu ; et il paraît même que, pour ces dernières, un changement de régime peut, dans certains cas, faire disparaître cette fâcheuse anomalie. Ce n'est que plusieurs jours après qu'il a été tiré que le lait commence à montrer la couleur bleue, laquelle apparaît d'abord par taches isolées. M. Bailleul a cru reconnaître dans ces taches des touffes de byssus. Le Mémoire de M. Bailleul contient le résultat d'expériences faites, d'une part, sur les vaches, pour prévenir la formation du lait bleu, de l'autre, sur des laits qui deviennent bleus quand ils sont abandonnés à eux-mêmes, afin de voir si, par le mélange de quelque substance qui ne les rende point impropres aux usages domestiques, on peut prévenir cette

altération. Le sel commun est du nombre des substances qu'il a essayées avec succès dans ce but.

(Commissaires, MM. Boussingault, Payen.)

MM. Breton frères adressent la description et la figure d'un *nouveau mode de fermeture des machines pneumatiques.*

(Commissaires, MM. Babinet, Regnault.)

M. Laglaine adresse une Note sur un *nouveau système de sténographie.*

(Commissaires, MM. de Sylvestre, Francœur, Séguier.)

L'Académie reçoit deux nouvelles Notes sur des moyens supposés propres à diminuer les *dangers des chemins de fer,* l'une de M. Élie, l'autre de M. Goutt.

(Commission des chemins de fer.)

CORRESPONDANCE.

M. Flourens présente, au nom de l'auteur, M. *Gorgone*, professeur d'anatomie à l'Université de Palerme, deux ouvrages intitulés : le premier, *Cours complet d'Anatomie descriptive, avec les différences des âges, des sexes, des races,* etc.; et le second, *Mémoire sur la nature des dents humaines.*

Le premier de ces deux ouvrages, dit M. Flourens, contient des travaux importants sur l'anatomie des âges, ainsi que sur la structure de plusieurs organes, particulièrement sur celle des vaisseaux et du cœur. La membrane interne des vaisseaux a surtout occupé M. Gorgone, qui, après en avoir considéré le tissu sous les rapports anatomiques, physiologiques et pathologiques, finit par la regarder comme constituant une véritable membrane muqueuse.

Dans le second ouvrage, M. Gorgone, en s'appuyant sur un grand nombre de faits, dont plusieurs sont neufs, cherche à établir que la substance solide des dents, que l'*ivoire,* est de la même nature que le tissu osseux. A l'époque où il a publié son ouvrage, on regardait le tissu des dents comme formant une sorte de tissu intermédiaire entre les os et le tissu épidermique. « La conclusion générale de mes travaux, dit M. Gorgone, est que la sub» stance solide des dents a une analogie complète avec la substance des os, » et qu'elle n'en a aucune avec le tissu épidermique. »

M. **Flourens** présente, également au nom de l'auteur, M. **J.-A.-L. Werner**, directeur de l'Académie de gymnastique et de l'Institut orthopédique de Dessau (Saxe), plusieurs ouvrages sur l'application de la gymnastique à l'orthopédie, ouvrages qui font suite à ceux qu'il avait précédemment adressés. Il paraît, d'après la Lettre d'envoi, que ce mode de traitement est maintenant fort répandu en Allemagne, surtout comme moyen de remédier aux déviations de la colonne vertébrale. Dans la plupart des cas où la déformation reconnaît pour cause une action anormale des puissances musculaires, on parvient, par des exercices convenablement dirigés, à rétablir l'énergie des muscles antagonistes aux muscles qui opèrent la déviation.

MÉCANIQUE. — *Nouvelles expériences sur l'écoulement de l'air déterminé par des différences de pression considérables; par* MM. **de Saint-Venant** *et* **Wantzel** (1).

« Dans notre Mémoire présenté à l'Académie des Sciences le 25 février 1839, et inséré au *Journal de l'École Polytechnique* (*voir* un Extrait au *Compte rendu*), nous avons prouvé qu'il fallait renoncer, pour l'écoulement des gaz par un orifice, à la formule connue

$$V_r = m\frac{P'}{P}\sqrt{2\frac{P}{\Delta}\,\text{log. hyp.}\frac{P}{P'}},$$

dans laquelle P et P' sont les pressions d'un gaz dans les deux espaces que l'orifice met en communication, Δ la densité dans l'espace d'*amont* (celui d'où vient le gaz et où règne la pression P), m le coefficient de la contraction de la veine, et V_r la *vitesse réduite de l'écoulement*, en nommant ainsi la quantité écoulée par seconde, *exprimée en volume à la densité d'amont*, et rapportée à l'unité superficielle de l'orifice. Cette formule donne, en effet, un écoulement *maximum* pour $P' = 0{,}60653P$, P étant constant, et un *écoulement nul* lorsque $P' = 0$, c'est-à-dire quand l'espace d'*aval* est vide, et nos expériences ont prouvé que ces deux résultats singuliers n'ont pas plus de réalité qu'ils n'avaient de probabilité.

» Nous avons reconnu que l'hypothèse sur laquelle cette formule se fonde, et qui consiste à supposer la même pression dans la veine d'écoulement et dans l'espace d'aval, est fausse; la pression à l'orifice est intermédiaire entre

(1) *Voir* le *Compte rendu*, t. IX, séance du 25 février 1839.

celles P, P′ des deux espaces, et ne descend probablement jamais au-dessous des $\frac{3}{5}$ de la pression d'amont P.

» Nous avons trouvé que le maximum de V_r répondait à P′ nul, mais que cette quantité ne variait pas sensiblement depuis $\frac{P'}{P} = 0$, jusqu'à $\frac{P'}{P} = 0,3$ ou 0,4. Elle est alors d'environ 158 mètres quand l'orifice est en mince paroi, et de 177 mètres quand il est évasé du côté d'amont.

» Nous avons représenté approximativement les résultats de nos expériences, pour les orifices en mince paroi, par

$$V_r = 0,61\sqrt{2\frac{P}{\Delta}}\cdot\frac{\sqrt{1-\frac{P'}{P}}}{1+0,58\left(1-\frac{P'}{P}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

» Mais, quoique, dans nos expériences, le rapport $\frac{P'}{P}$ ait eu, à peu près, toutes les valeurs possibles, depuis zéro jusqu'à l'unité, la pression d'amont P n'avait jamais été que celle de l'atmosphère, et il était désirable qu'il y eût des expériences où cette pression fût plus grande. De plus, les orifices n'avaient eu que de $\frac{2}{3}$ de millimètre à $1\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre, et il était à souhaiter que les expériences fussent répétées avec des orifices plus grands.

» Nous avons fait, en conséquence, de nouvelles expériences où la pression d'amont s'est élevée à 4 atmosphères, et où le diamètre des orifices a été jusqu'à 5 millimètres.

» L'air était comprimé, à l'aide d'une pompe de M. Thilorier, dans une chaudière à vapeur à haute pression, d'une capacité de 1 186 litres.

» Nous donnons ici le tableau des résultats bruts des trois expériences : ils confirment, à peu de chose près, la loi générale qui résulte de celles de 1838, mais il ne faut pas chercher à en déduire directement la valeur exacte des vitesses, car la chaudière n'était pas bien étanche, et il est nécessaire de faire aux résultats quelques corrections dont nous avons mesuré les bases en observant les pertes de la chaudière à diverses époques de son remplissage. Les corrections étaient faibles et faciles à faire dans la première expérience parce que c'est celle où l'orifice est le plus grand. Nous en donnons les résultats, qui sont des écoulements presque identiques à ceux que nous avons trouvés en 1838 dans des conditions très-différentes. Nous donnerons plus tard les méthodes de correction et les résultats corrigés des deux dernières de nos nouvelles expériences.

Tableau des expériences. (Les orifices étaient en mince paroi.)

VALEURS successiv. de $\frac{P'}{P}$, ou du quotient de la pression d'aval par celle d'amont.	TEMPS OBSERVÉS depuis le commencement de l'écoulement de l'air comprimé. 1re expér., avec un orifice de $4^{mm},985$ de diamètre, ou $19^{mm},517$ de superficie.	2e expér., avec un orifice de $3^{mm},285$ de diamètr., ou $8^{mm},474$ de superfic.	3e expér., avec un orifice de $2^{mm},12$ de diamètre, ou $3^{mm},530$ de superficie	VALEURS successiv. de $\frac{P'}{P}$, ou du quotient de la pression d'aval par celle d'amont.	TEMPS OBSERVÉS depuis le commencement de l'écoulement de l'air comprimé. 1re expér., avec un orifice de $4^{mm},285$ de diamètre, ou $19^{mm},517$ de superficie	2e expér., avec un orifice de $3^{mm},285$ de diamètr., ou $8^{mm},474$ de superfic.	3e expér., avec un orifice de $2^{mm},12$ de diamètre, ou $3^{mm},530$ de superficie.	VALEURS réduites (valeurs de V_r) déduites de la 1re expérience. Pour $\frac{P'}{P}=$	$V_r =$
0,229			0″	0,525	215	523	1522	0,3	158
0,237			36	0,538	225	546	1571	0,35	156
0,246			93	0,550	235	568	1620	0,4	154
0,254			150	0,564	246	594	1677	0,45	149
0,262			207	0,577	257	620	1727	0,5	144
0,271			262	0,592	267	642	1776	0,55	138
0,279			318	0,607	279	667	1834	0,6	134
0,287		0″	371	0,622	290	690	1883	0,65	128
0,296		18	427	0,637	302	716	1943	0,7	123
0,305	0″	41	480	0,652	312	743	1997	0,75	115
0,314	10	63	531	0,668	324	769	2056	0,8	105
0,323	21	88	582	0,685	336	797	2115	0,85	87
0,332	31	111	637	0,703	350	829	2174	0,9	71
0,342	41	135	686	0,721	362	856	2240		
0,351	52	159	735	0,739	375	886	2305		
0,361	62	182	788	0,759	389	916	2373		
0,371	73	210	834	0,779	405	951	2451		
0,381	83	231	886	0,800	419	983	2522		
0,391	93	252	933	0,821	435	1021	2600		
0,400	103	274	982	0,844	453	1058	2687		
0,411	113	296	1034	0,867	472	1100	2779		
0,421	123	318	1082	0,892	494	1148	2887		
0,431	134	341	1130	0,918	523	1216	3032		
0,443	144	362	1179	0,938	571	1312			
0,454	154	387	1229	0,945	584	1336			
0,465	164	415	1278	0,969	6[illegible]3	1381			
0,477	174	435	1326	0,985	631	1441			
0,489	184	456	1375	0,995	653	1486			
0,501	195	477	1424	0,999	701				
0,513	205	500	1474						

La température était 17°,50 ; la pression barométrique extérieure $0^{m},76$.

CHIMIE. — *Note sur les produits de la distillation de la résine gaïac ; par* M. **Deville**.

« Dans le numéro du 2 octobre 1843 des *Comptes rendus*, M. Sobrero a publié le résultat de recherches entreprises par lui *sur les produits de la distillation de la résine gaïac*. Depuis près de *deux ans*, Pelletier et moi nous avons annoncé sur cette substance les premiers détails d'un travail commencé séparément par chacun de nous, puis continué en commun. Nos expériences sont très-nombreuses, et constituent la matière d'un Mémoire que nous devions bientôt publier, mais que la perte si douloureuse de Pelletier empêcha de terminer plus tôt. Nous avons toutefois, il y a près de *deux ans*, pris date dans le *Bulletin de la Société philomatique*, et, plus tard, j'inscrivis dans ma *Thèse de Médecine*, du 28 juin 1843, les faits auxquels nous tenions le plus. La Note de M. Sobrero se compose précisément de l'exposition sommaire de quelques-uns de ces faits seulement. Mon devoir m'impose d'en revendiquer la priorité, puisqu'ils appartiennent en partie à un savant dont la protection et l'amitié sont pour moi des titres dont je m'honore et dont je veux être reconnaissant.

» Les produits de la distillation du gaïac sont plus nombreux que ne l'a vu M. Sobrero; ce sont :

» 1°. Une (*) huile légère, bouillant à 118 degrés, d'une odeur agréable d'amandes amères, et dont la composition est $C^{20}H^{16}O^{2}$, représentant 4 vol. de vapeur. Elle est incolore; sa densité, à l'état liquide, est 0,874; à l'état de vapeur, 2,92. Elle s'oxyde à l'air, et se transforme en une substance cristallisée en lames d'une grande beauté. C'est ce dernier produit, difficile à obtenir, dont l'analyse nous manque, qui nous a causé du retard dans la publication de notre travail.

« 2°. Une substance cristallisée en paillettes nacrées, volatile sans dé-
» composition, et dont la composition (**), quoique bien déterminée, amène

---

(*) *Voyez* ma Thèse : *Recherches théoriques et expérimentales sur les essences et les résines*, présentée le 28 juin 1843, à la Faculté de Médecine de Paris. Tout ce qui est entre guillemets est extrait textuellement de la page 10.

(**) Son analyse donne les résultats suivants :

C.......	76,95
H.......	7,46
O.......	15,59
	100,00

» à une formule dont je ne possède aucune vérification. » Cette matière fond vers 180 degrés. Ses propriétés semblent devoir la faire placer entre les corps tout à fait indifférents du genre de l'essence d'anis et les acides les moins énergiques qui présentent des analogies avec l'acide benzoïque. M. Sobrero ne parle pas de ce corps dans sa Note.

« 3°. La substance huileuse que M. Sobrero appelle *acide pyrogaïque* est » une huile lourde très-remarquable, susceptible, comme la créosote, de » se combiner avec la potasse, les oxydes métalliques, etc., possédant une » composition bien différente de celle-ci. L'odeur de ces deux produits ne » se ressemble pas; mais, à ces deux caractères près, l'identité est tellement » remarquable, que Pelletier, qui n'en avait pas fait l'analyse, la tenait pour » de véritable créosote. » La combinaison potassique a pu être obtenue à l'état cristallisé, ainsi que cela a lieu pour la créosote.

» Ce qui rend l'étude de ce corps très-difficile, c'est la résistance qu'il oppose à une purification absolue et à une dessiccation complète. Il faut la traiter de la même manière que la créosote. L'acide pyrogaïque de Sobrero ne sera un acide qu'autant qu'on admettra que la créosote en est un.

» 4°. Des produits empyreumatiques d'une nature particulière.

» La question qui nous a occupés longtemps, c'est la comparaison de ces deux substances : l'huile lourde du gaïac et la créosote. Nous avons l'espérance de les avoir rattachés à des analogues bien connus et déjà classés en chimie organique. Aussi ai-je été amené à faire des analyses de créosote bien purifiée, et où je suis arrivé à des résultats bien différents de ceux trouvés par M. Ettling (1).

» Le travail que je publierai bientôt au nom de Pelletier et au mien, comprend aussi quelques recherches sur la résine gaïac elle-même.

» Je prie l'Académie de vouloir bien accepter le dépôt d'un exemplaire de ma Thèse pour attester l'exactitude de mes assertions à ceux de ses membres qui prendraient quelque intérêt à la question de chimie qu'elles soulèvent. »

ENTOMOLOGIE. — *Sur une araignée de la vallée du Chélif;* Lettre de M. GUYON.

« La vallée du Chélif, à la hauteur d'Orléansville, est d'une extrême aridité; à peine trois ou quatre plantes herbacées s'y montrent-elles avec un seul arbrisseau. Cet arbrisseau est le *Zizyphus lotus,* qui forme çà et là

(*) On trouvera ces analyses dans ma Thèse.

de petits groupes de verdure ; ils servent de refuge aux insectes et à quelques autres animaux d'un ordre plus élevé qui habitent la contrée. C'est là que se rencontre aussi une araignée remarquable par son volume comme par sa belle couleur orangée, parsemée de points d'un noir foncé. C'est elle qui fait le sujet de cette Note, et que je joins à ma communication (1).

» Chaque groupe de *Lotus* a son araignée ; il n'en a qu'une, à moins qu'il ne soit de quelque étendue ; ce qui est rare. La toile de l'insecte est d'un tissu épais et très-collant, conditions qui étaient nécessaires pour y retenir des insectes dont quelques espèces sont à la fois très-grandes et très-vigoureuses, telles que des sauterelles, dont l'araignée paraît faire sa principale nourriture.

» La toile est variable pour la forme, qui est, le plus ordinairement, carrée, ou à peu près, parfois oblongue. Cette variation dans la forme paraît déterminée par la disposition de l'arbrisseau auquel la toile est fixée. On la rencontre toujours au sud de ce dernier, ou, pour mieux dire, au sud des groupes de *Lotus*. Dans un parcours de plusieurs lieues, du nord au sud, je n'ai pu constater aucune exception à cet égard. La toile est tendue de champ, de l'est à l'ouest, de manière à faire face au sud et au nord ; elle est légèrement inclinée du nord au sud et de haut en bas. Sur la face sud, près du bord supérieur, est le nid de l'insecte; il a la forme d'un capuchon renversé, ayant son ouverture en bas. L'araignée y est presque toujours renfermée, n'en sortant que pour saisir les insectes qui se trouvent pris dans la toile.

» Au-dessous du bord inférieur de celle-ci, à 5 ou 8 centimètres plus au nord, est un trou perpendiculaire, et tapissé par un tissu semblable à celui de la toile. C'est un nouveau moyen de chasse : l'araignée s'y procure les insectes sans ailes qu'elle ne pourrait prendre dans sa toile ; il pourrait aussi lui servir de retraite l'hiver et dans les mauvais temps. Toutefois je ne saurais dire s'il est constant, ne l'ayant pas toujours rencontré, peut-être, il est vrai, faute du temps qui m'eût été nécessaire pour le chercher : on y trouve l'araignée, quand elle n'est pas dans le nid ou sur la toile. M'étant avisé d'y jeter un insecte, je vis tout aussitôt la partie supérieure du revêtement se froncer comme l'ouverture d'une bourse dont on tire les cordons. C'est aussi sous la forme d'une bourse qu'on peut retirer du trou le tissu qui le tapisse, accompagné ou non de l'arachnide, mais toujours des débris d'insectes dont elle fait sa nourriture.

(1) Quelques individus, conservés dans l'alcool, ont été envoyés par M. Guyon et mis sous les yeux de l'Académie.

» L'araignée, à l'époque de mon voyage dans la vallée du Chélif, faisait sa principale nourriture des sauterelles qui, alors, constituaient un véritable fléau pour le pays. Une sauterelle qui, dans son vol, tombe dans la toile, est aussitôt saisie par l'araignée; elle la prend par la patte, et l'entraîne jusqu'à l'entrée de son nid, placé, comme nous l'avons dit, à la partie supérieure de sa toile. Si la sauterelle appartient à une forte espèce, et qu'elle se débatte beaucoup, l'araignée la laisse alors sur place, se bornant à lui imprimer un demi-mouvement de rotation qui, la recouvrant d'un pli de sa toile, la met tout à fait hors d'état de défense. La sauterelle étant restée ainsi quelque temps, l'araignée revient sur elle, lui ouvre l'abdomen au-dessous du corselet, et lui suce les entrailles.

» La consommation en sauterelles que fait l'araignée doit être considérable, et, bien qu'elle soit insuffisante pour diminuer sensiblement le nombre, souvent prodigieux, des sauterelles du pays, l'arachnide n'en doit pas moins être considérée comme un ennemi redoutable de ces insectes.

» Je ferai remarquer, en terminant, qu'un reptile et un petit mammifère de la contrée, le *lézard ocellé* et le *rat rayé*, font aussi, pour leur part, une grande consommation de sauterelles; que tous deux vivent aussi, comme l'arachnide, dans les *Lotus* dont nous avons parlé, et que c'est dans les mêmes arbrisseaux, dans les petits groupes ou buissons qu'ils forment, que viennent se réfugier le soir, pour y passer la nuit, les sauterelles qui, le jour, ont parcouru et dévasté la campagne. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des feuilles sur la maturation du raisin.* (Lettre de M. **O. Leclerc-Thouin**, *à l'occasion des remarques faites par* M. Dutrochet *sur le Rapport lu, par* M. de Gasparin, *le* 30 janvier 1843.)

« J'étais absent lorsque le Rapport de M. de Gasparin sur mon Mémoire relatif à l'action des feuilles de la vigne fut lu à l'Académie. M. Dutrochet répondit à ce Rapport par quelques critiques dont je n'ai eu connaissance, à mon arrivée à Paris, que depuis très-peu de jours, et auxquelles, j'en suis sûr, l'honorable académicien me permettra, quoiqu'un peu tard, de répondre à mon tour.

» Dans le Mémoire susmentionné, après avoir ajouté quelques faits à tous ceux qui démontrent l'utilité générale des feuilles relativement au développement et à la maturation des fruits, j'ai décrit quelques expériences qui avaient pour but de placer des ceps en des conditions extérieures différentes, déterminées, et dont j'ai tâché d'analyser les effets. M. Dutrochet, sans atta-

quer aucun de mes résultats, a nié, à quelques égards, la justesse des déductions que j'en ai tirées; sur d'autres points, il les a considérés comme identiques avec ceux obtenus par Duhamel.

» Duhamel a, comme beaucoup d'autres avant moi, effeuillé des vignes; mais si M. de Gasparin, dans son bienveillant Rapport, avait jugé utile de rappeler une priorité si connue, il aurait ajouté que mes essais n'ont pas cependant été conçus dans un but aussi restreint, et qu'ils n'ont pas amené identiquement les mêmes conséquences que ceux du célèbre expérimentateur. Celui-ci a vu les raisins, au lieu de mûrir complétement, se faner et perdre de leur qualité sur des ceps dont il avait enlevé toutes les feuilles. Je les ai aussi empêchés de grossir et de mûrir, mais en d'autres conditions, j'ai provoqué la chute prématurée des grains. Duhamel dit avoir effeuillé *lorsque le verjus commençait à tourner;* je l'ai fait pendant toute la belle saison, aux diverses périodes des mouvements séveux, et, *pour chaque époque, les résultats ont été notablement différents.* Sans insister davantage sur ce point, j'aborde le second :

» En parlant de « l'action des organes reproducteurs, » à l'occasion d'une vigne qui n'a jamais donné de fruits, je ne pouvais évidemment appliquer cette phrase qu'à la floraison et à la fécondation. Leur époque était passée; je songeai naturellement, sans qu'il y eût pour cela aucune confusion de ma part, à chercher si les causes extérieures qui les avaient jusque-là entravées entraveraient aussi le grossissement du fruit et la maturation.

» Je crois, avec M. Dutrochet, qu'il y a de l'analogie entre un cep palissé à l'ombre dans une serre, et des espaliers abrités du soleil par des murs ou des arbres. Dans les deux cas, la privation de lumière joue un rôle incontestable, et il est impossible de ne pas voir que l'absence des fruits est due à l'absence ou à la stérilité des fleurs. J'ai donné accidentellement, dans l'un de mes Mémoires sur les effets du froid, quelques exemples frappants de cette vérité. Si donc j'ai pu faire penser que je confondais un tel phénoméne avec celui du développement et de la maturation du fruit, j'ai fort mal rendu ma pensée.

» En plein air, la privation de lumière accompagne ordinairement celle de chaleur, et souvent la présence d'une humidité due à la condensation de l'air et au défaut d'évaporation provoquée par les rayons solaires. En produisant autour de quelques pieds de vigne une demi-obscurité, j'ai cherché à éviter une telle complication; au lieu de diminuer *la chaleur, je l'ai augmentée.* Afin de prévenir l'accumulation d'une humidité excessive, je n'ai donné aucun arrosement, et j'ai renouvelé l'air, toutes circonstances qui

paraissent avoir échappé à M. Dutrochet. Ici on doit donc croire que la seule privation de lumière empêcha le développement des raisins, et cela malgré une haute température et un milieu suffisamment sec. Si l'on voulait une preuve de plus de cette dernière condition, on la trouverait, ce me semble, dans le mode même de dépérissement des grains, puisqu'au lieu de pourrir, ils ont perdu les liquides qu'ils contenaient, sans changer aucunement de forme, et n'ont plus présenté bientôt qu'une enveloppe mince, de teinte noire et remplie de gaz.

» La seconde expérience avait pour but de réunir deux des conditions qui contribuent le plus, dans une bâche telle petite qu'elle soit, à mûrir les grappes : une chaleur assez vive et une lumière suffisamment intense; mais j'introduisis un nouvel élément qui joue, à mon avis, dans l'ouest, un rôle fort important sur la floraison et la fructification de la vigne: je veux parler d'une humidité surabondante. Cette fois la pourriture s'est en effet produite. Néanmoins ce résultat n'est pas le seul que j'aie obtenu, ainsi que semblerait l'indiquer la Note insérée au *Compte rendu*. La lumière et la chaleur provoquèrent un accroissement irrégulier des grains; elles furent impuissantes à développer en eux la saveur sucrée, à colorer leur pellicule, je dirais presque à la consolider, tant elle reste fine et molle ; à activer enfin et même à compléter la maturité des grains non pourris à l'époque des vendanges. Cependant les fonctions conservatrices n'étaient nullement altérées. »

M. **Robert** écrit relativement à quelques observations qu'il a faites sur des arbres attaqués par des scolytes, et particulièrement sur plusieurs ormes de la grande avenue des Champs-Élysées.

« Ces arbres, dit-il, paraissent jouir d'une belle végétation ; leurs feuilles ne tombent pas plus tôt ni plus vite que celles des arbres voisins, qui ont été moins endommagés par les insectes; et cependant, si l'on examine avec soin l'écorce du tronc, on verra, à 1 mètre environ de terre, qu'une bande circulaire de cette écorce de 2 à 3 mètres environ de largeur est non-seulement frappée complétement de mort par suite des ravages du scolyte, mais que le liber est aussi détruit, converti en humus, si même l'aubier ne commence pas à être altéré. »

M. **Valat** adresse un exemplaire d'un procès-verbal provenant de l'administration des mines du Creusot, et constatant de nouveau une application utile du *lit de sauvetage* qui lui a valu, en 1840, le prix fondé par M. Montyon, en faveur de ceux qui rendraient un art ou un métier moins insalubre.

M. Ackermann écrit relativement à l'emploi qu'il a fait avec succès, dans certains cas de congestions sanguines, d'une gentianée du Chili qui, dans ce pays, porte le nom de *Cachan lagua*.

M. Ducros adresse une Note ayant pour titre : *Paralysies de la vessie avec incontinence d'urine par regorgement*, guéries au moyen de la cautérisation pharyngienne ammoniacale, amenant des mouvements comme galvaniques dans les membres.

(Renvoi à la Commission nommée.)

L'Académie accepte le dépôt de trois paquets cachetés, présentés par MM. Girardin et Preisser, par M. Laurent Préfontaine et par M. Papelard.

A quatre heures et demie, l'Académie se forme en comité secret.

COMITÉ SECRET.

Il est donné lecture d'une Lettre de M. le Ministre de la Guerre, qui invite l'Académie à lui présenter une liste de trois candidats pour la place de Directeur des Études, vacante à l'École Polytechnique, par suite du décès de M. *Coriolis*.

On procède par voie de scrutin à la nomination d'une Commission, chargée de préparer une liste de candidats.

MM. Poinsot, Thenard, Poncelet, Arago, Dupin, réunissent la majorité des suffrages.

La Section d'Astronomie présente, par l'organe de M. Mathieu, la liste suivante de candidats, pour la place vacante par suite du décès de M. *Bouvard* :

1°. M. Mauvais;
2°. M. Largeteau;
3°. (*Ex æquo*) et par ordre alphabétique, MM. Bravais, Delaunay, Leverrier.

Les titres de ces divers candidats sont discutés. L'élection aura lieu dans la prochaine séance. MM. les Membres en seront prévenus par lettres à domicile.

La séance est levée à 6 heures un quart. F.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans cette séance, les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences, 2e semestre 1843; n° 19; in-4°.

Exercices d'Analyse et de Physique mathématique; par M. A. CAUCHY ; 24e livr. ; in-4°.

Annales de la Société royale d'Horticulture de Paris; octobre 1843 ; in-8°.

Traité de Chimie générale et expérimentale, avec les applications aux Arts, à la Médecine et à la Pharmacie; par M. BAUDRIMONT; tome Ier; in-8°.

Notice sur la disposition des Terrains tertiaires des plaines de l'Allier et de la Loire, au-dessus du confluent de ces deux rivières; par M. V. RAULIN ; brochure in-8°.

Nouvelles Tables graphiques, donnant, sans calcul, les superficies de déblai et remblai, et les largeurs nécessaires à la réduction des projets de Chemins de fer; par M. LÉON LALANNE, ingénieur des Ponts et Chaussées ; 2 planches gravées avec une Instruction pratique; in-4°.

Cours complet de Mathématiques à l'usage des Aspirants à toutes les Écoles du Gouvernement; par M. A. BLUM, tome Ier, *Arithmétique* et *Algèbre élémentaire;* 1 vol. in-8°.

Collection de Tableaux polytechniques. — Résumé d'Algèbre élémentaire, Ire partie; *par* M. BLUM.

Collection de Tableaux polytechniques. — Résumé de Chimie, Ire partie; *par* M. DÉZÉ.

Annales scientifiques, littéraires et industrielles de l'Auvergne; janvier et février 1843; in-8°.

Faculté de Médecine de Paris. — Thèse pour le Doctorat en Médecine. — Recherches théoriques et expérimentales sur les Essences et les Résines; par M. SAINTE-CLAIRE DEVILLE; in-4°.

Lit de mine. — Note à l'appui du Lit de mine de M. VALAT, ½ feuille in-8°.

Découverte de caustiques qui excluent l'instrument tranchant dans la curation des cancers, squirres, scrofules, etc.; par M. A. GRIMAUD d'Angers; broch. in-8°.

Journal de la Société de Médecine pratique de Montpellier; novembre 1843; in-8°.

Le Mémorial, revue encyclopédique; octobre 1843; in-8°.

Journal des Usines; par M. VIOLLET; octobre 1843 ; in-8°.

Journal de Pharmacie et de Chimie; novembre 1843; in-8°.

Journal des Connaissances médico-chirurgicales; novembre 1843 ; in-8°.

Annales de la propagation de la Foi; novembre 1843; in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; août et septembre 1843; in-8°.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève. — Archives de l'Électricité, t. III, n° 10; in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — Bulletin de la séance du 5 août 1843; n° 8, tome X; in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — Mémoire sur les Phénomènes que présente une masse liquide libre et soustraite à l'action de la pesanteur; par M. PLATEAU; in-4°.

Sur l'emploi de la Boussole dans les Mines; par M. QUETELET; broch. in-8°.

Flora batava; 129e livr.; in-4°.

Sketch.... *De la Machine à calcul, inventée par* M. CH. BALLAGE, *esquisse de* M. MENABREA, de Turin, officier du génie militaire, avec des *Notes du traducteur anglais.* Londres, 1843; in-8°.

Militar gymnastik... *Gymnastique militaire; par* M. WERNER, directeur de l'Académie gymnastique et de l'Institut orthopédique. Dresde; in-8°.

Gymnastik.... *Gymnastique des Écoles pour les enfants des deux sexes; par* le même. Leipsick, 1843; in-8°.

Bericht über... *Sur l'établissement et l'organisation de l'Institut gymnastique orthopédique de Dessau; par* le même. Leipsick; in-8°.

Die gymnastische... *Institution gymnastique orthopédique de Dessau; par* le même; 1841; in-8°.

(Ces quatre ouvrages sont renvoyés, d'après la demande de l'auteur, au concours pour les prix de Médecine et de Chirurgie, fondation Montyon.)

Uber die... *De l'influence qu'exercent les Corps les plus simples de la nature sur la force physique des populations, avec application spéciale à la population de la Belgique; par* M. F. GOBBI. Leipsick, 1842; in-4°.

Corso... *Cours complet d'Anatomie descriptive; par* M. GORGONE; 4 vol. in-8°. Palerme, 1834 à 1841.

Memoria... *Mémoire sur la nature des Dents humaines; par* le même; 1842; in-8°. (M. Flourens est invité à faire un rapport verbal sur ces deux ouvrages.)

Gazette médicale de Paris; t. IX, n° 45.

Gazette des Hôpitaux; t. V, nos 131 à 133.

L'Écho du Monde savant; 10e année, nos 37 et 38; in-4°.

L'Expérience; n° 332; in-8°.

Annales de la propagation de la Foi; novembre 1843; in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; août et septembre 1843; in-8°.

Supplément à la Bibliothèque universelle de Genève. — *Archives de l'Électricité*, n° 10; in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — *Bulletin de la séance du 5 août 1843*; tome X; in-8°.

Académie royale de Bruxelles. — *Mémoire sur les Phénomènes que présente une masse liquide libre et soustraite à l'action de la pesanteur*; par M. PLATEAU; in-4°.

Sur l'emploi de la Fumée dans les Mines; par M. GERVILLE; broch. in-8°.

Cotton fabrics, etc.; in-4°.

(Obstetr...) *De la Machine à coudre*, inventée par Mr Ch. BATLAGE, ... de M. MENABREA, de Turin, officier du génie militaire, avec une ... en traduction anglais. Londres, 1843; in-8°.

Wesen gymnastik. — *Gymnastique médicale*; par M. WERNER, directeur de l'Académie gymnastique et de l'Institut orthopédique. Dresde; in-8°.

Gymnastik. — *Gymnastique des Écoles pour les enfants des deux sexes*; par le même. Leipsick, 1843; in-8°.

Bericht über... — *Sur l'établissement et l'organisation de l'Institut gymnastique orthopédique de Dessau*; par le même. Leipsick; in-8°.

Die gymnastische... — *Institution gymnastique orthopédique de Dessau*; par le même; 1842; in-8°.

(Ces quatre ouvrages sont renvoyés, d'après la demande de l'auteur, au concours pour les prix de Médecine et de Chirurgie, fondation Montyon.)

Ueber die... — *De l'influence qu'exercent les Corps les plus simples de la nature sur la force physique des populations, avec application spéciale à la population de la Belgique*; par M. E. OTTEN. Leipsick, 1842; in-4°.

Corso... — *Cours complet d'Anatomie descriptive*; par M. GORGONE; 4 vol. in-8°. Palerme, 1834 à 1843.

Memoria... — *Mémoire sur la valeur des Pesés humaines*; par M. ...; 1843; in-8°. (M. Flourens est invité à faire un rapport verbal sur ces deux ouvrages.)

Gazette médicale de Paris, t. IX, n° 46.

Gazette des Hôpitaux, t. V, n°s 131 à 133.

L'Écho du Monde savant; 10e année, n°s 29 et 30; in-4°.

L'Expérience, n° 332; in-8°.